

VOL VII

# AGRÁRIAS

PESQUISA E INOVAÇÃO NAS CIÊNCIAS QUE  
ALIMENTAM O MUNDO

EDUARDO EUGÊNIO  
SPERS  
(Organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS

2021

VOL VII

# AGRÁRIAS

PESQUISA E INOVAÇÃO NAS CIÊNCIAS QUE  
ALIMENTAM O MUNDO

EDUARDO EUGÊNIO  
SPERS

(Organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS

2021

2021 by Editora Artemis  
Copyright © Editora Artemis  
Copyright do Texto © 2021 Os autores  
Copyright da Edição © 2021 Editora Artemis



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers
<b>Imagem da Capa</b>	Shutterstock
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba*  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, *Universidade Federal de Uberlândia*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, *Universidade Federal da Paraíba*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano, Peru*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, *Universidade do Estado de Mato Grosso*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, *Universidade Nova de Lisboa, Portugal*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, *Universidade de Brasília-DF*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, *Universidade Aberta de Portugal*  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, *Universidade Federal da Grande Dourados*  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo*  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Emilias Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*



Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda*, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas*  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College*, USA  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora*, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros*  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, *Universidade Estadual Paulista*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Livia do Carmo, *Universidade Federal de Goiás*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Luciane Spanhol Bordignon, *Universidade de Passo Fundo*  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, *Universidade Estadual Paulista*  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, *Universidade Federal de Sergipe*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Margarida Márcia Fernandes Lima, *Universidade Federal de Ouro Preto*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria Aparecida José de Oliveira, *Universidade Federal da Bahia*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria do Céu Caetano, *Universidade Nova de Lisboa*, Portugal  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, *Universidade Federal do Maranhão*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria Lúcia Pato, *Instituto Politécnico de Viseu*, Portugal  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, *Universidade Federal de Lavras*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A277 Agrárias [livro eletrônico] : pesquisa e inovação nas ciências que alimentam o mundo VII / Organizador Eduardo Eugênio Spers. – Curitiba, PR: Artemis, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilingue

ISBN 978-65-87396-51-4

DOI 10.37572/EdArt\_181221514

1. Ciências agrárias – Pesquisa. 2. Agronegócio. 3. Sustentabilidade. I. Spers, Eduardo Eugênio.

CDD 630

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

## APRESENTAÇÃO

As Ciências Agrárias são um campo de estudo multidisciplinar por excelência, e um dos mais profícuos em termos de pesquisas e aprimoramento técnico. A demanda mundial por alimentos e a crescente degradação ambiental impulsionam a busca constante por soluções sustentáveis de produção e por medidas visando à preservação e recuperação dos recursos naturais.

A obra **Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo** compila pesquisas atuais e extremamente relevantes, apresentadas em linguagem científica de fácil entendimento. Na coletânea, o leitor encontrará textos que tratam dos sistemas produtivos em seus diversos aspectos, além de estudos que exploram diferentes perspectivas ou abordagens sobre a planta, o meio ambiente, o animal, o homem, o social e sobre a gestão.

Este Volume VII traz 29 artigos de estudiosos de diversos países: são 20 trabalhos de autores da Argentina, Colômbia, Cuba, Equador, Espanha, Japão, México e Portugal e nove trabalhos de pesquisadores brasileiros, divididos em quatro eixos temáticos.

Os doze títulos que compõem o eixo temático **Sistemas de Produção Sustentável e Agroecologia** apresentam estudos sobre diferentes formas de se diminuir, reverter ou harmonizar as consequências da atividade humana sobre o meio ambiente ou desenvolvem temas relativos à importância do solo e da água para a manutenção dos ecossistemas.

Nove trabalhos versam sobre **Sistemas de Produção Vegetal** e os últimos oito capítulos tratam de temas variados dentro do eixo temático **Sistemas de Produção Animal e Veterinária**.

Desejo a todos uma proveitosa leitura!

Eduardo Eugênio Spers

## SUMÁRIO

### SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E AGROECOLOGIA

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

SUSTENTABILIDADE DA FERTILIZAÇÃO FOSFATADA: FONTES ALTERNATIVAS DE FÓSFORO COMO FERTILIZANTES AGRÍCOLAS

Carmo Horta

António Canatário Duarte

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215141](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215141)

#### **CAPÍTULO 2..... 15**

EFEITO DAS ÁRVORES SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO SOLO NO ECOSSISTEMA DE MONTADO: ESTUDO DE CASO

João Serrano

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215142](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215142)

#### **CAPÍTULO 3..... 29**

MUCUNA PRURIENS L, DC. VAR. UTILIS (WALL. EX WIGHT), BAKER EX BURCK, 1893. UNA OPCIÓN PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE SACCHARUM SPP

Roberto A. Arévalo

Edmilson J. Ambrosano

Edna I. Bertoncini

Lourdes U. Arévalo

Sergio S. García

Yaniuska González

Fabrizio Rossi

Armando Álvarez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215143](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215143)

#### **CAPÍTULO 4..... 37**

OLIVICULTURA – O DESAFIO DA SUSTENTABILIDADE

Maria Isabel Patanita

Alexandra Tomaz

Manuel Patanita

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215144](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215144)

**CAPÍTULO 5..... 49**

SPATIALLY EXPLICIT MODEL FOR ANAEROBIC CO-DIGESTION FACILITIES  
LOCATION AND PRE-DIMENSIONING IN NORTHWEST PORTUGAL

Renata D'arc Coura  
Joaquim Mamede Alonso  
Ana Cristina Rodrigues  
Ana Isabel Ferraz  
Nuno Mouta  
Renato Silva  
António Guerreiro de Brito

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215145](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215145)

**CAPÍTULO 6..... 63**

PAPEL DA AGRICULTURA NA CONSERVAÇÃO E AMPLIAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
DE FAUNA SILVESTRE NOS CANAVIAIS SOB MANEJO ECOLÓGICO

José Roberto Miranda

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215146](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215146)

**CAPÍTULO 7.....70**

CARACTERIZACIÓN MEDIANTE INDICADORES AGROECOLÓGICOS DE SISTEMAS  
DE PRODUCCIÓN CAMPESINO PARA EL FORTALECIMIENTO ALIMENTARIO

Gustavo Adolfo Alegría Fernández

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215147](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215147)

**CAPÍTULO 8..... 81**

METODOLOGIAS ALTERNATIVAS DE APRENDIZAGEM: ESTUDO ETNOBOTÂNICO  
EM QUINTAIS URBANOS

Angelo Gabriel Mendes Cordeiro  
Elisa dos Santos Cardoso  
Marraiane Ana da Silva  
Patrícia Ana de Souza Fagundes  
Edimilson Leonardo Ferreira  
Gerlando da Silva Barros  
Vantuir Pereira da Silva  
Celia Regina Araújo Soares Lopes  
Ana Aparecida Bandini Rossi

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215148](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215148)

**CAPÍTULO 9..... 96**

SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS NATIVAS NA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA,  
SÃO PAULO: DESAFIOS E POTENCIALIDADES

Lucas Florêncio Mariano  
Bruna Schmidt Gemim  
Francisca Alcivânia de Melo Silva  
Ocimar José Baptista Bim

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_1812215149](https://doi.org/10.37572/EdArt_1812215149)

**CAPÍTULO 10..... 109**

COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO E EROSIÃO HÍDRICA NUMA PEQUENA BACIA  
HIDROGRÁFICA COM USO AGRO-FLORESTAL, EM CONDIÇÕES MEDITERRÂNICAS

António Canatário Duarte  
Carmo Horta

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151410](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151410)

**CAPÍTULO 11..... 120**

ACUMULACIÓN, CONCENTRACIÓN Y DESPOJO DEL AGUA SISTEMA DE RIEGO  
SAN JOSÉ, URCUQUÍ – ECUADOR

Jorge Armando Flores Ruíz  
Hugo Orlando Paredes Rodríguez  
Fabio Elton Cruz Góngora  
José Gabriel Carvajal Benavides  
Raúl Clemente Cevallos Calapi  
Rocío Guadalupe León Carlosama

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151411](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151411)

**CAPÍTULO 12..... 132**

BALANÇO HIDROLÓGICO E TRANSPORTE DE AGROQUÍMICOS PARA A BACIA  
HIDROGRÁFICA DA LAGOA DAS FURNAS, S. MIGUEL AÇORES

José Carlos Goulart Fontes  
Juan Carlos Santamarta Cerezal

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151412](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151412)

**CAPÍTULO 13..... 146**

IDENTIFICATION AND INHERITANCE OF THE FIRST GENE (Rdc1) OF RESISTANCE TO SOYBEAN STEM CANKER (*Diaporthe phaseolorum var. caulivora*)

Alejandra María Peruzzo

Rosanna Nora Pioli

Facundo Ezequiel Hernández

Leonardo Daniel Ploper

Guillermo Raúl Pratta

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151413](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151413)

**CAPÍTULO 14.....156**

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE YESO EN EL CULTIVO DE GIRASOL (*Helianthus annuus*) Y MAÍZ (*Zea mays*) EN UN SUELO OXISOL (*Rhodic Kandiodox*), YGUAZÚ, ALTO PARANA, PARAGUAY

Kentaro Tomita

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151414](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151414)

**CAPÍTULO 15..... 169**

EFECTO DE CUATRO NIVELES DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ DE SECANO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELO

Kentaro Tomita

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151415](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151415)

**CAPÍTULO 16.....179**

EFEITO SOBRE RENDIMENTO DE GRÃO DE MILHO E AS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO PELA INCORPORAÇÃO DE CULTURAS REPRESENTANTES PARA ADUBAÇÃO VERDE EM UM LATOSSOLO (OXISSOLO) VELMELHO ESCURO DE BRASIL

Kentaro Tomita

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151416](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151416)

**CAPÍTULO 17 ..... 189**

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL HONGO *PLEUROTUS OSTREATUS* CULTIVADO EN RESIDUOS AGRÍCOLAS TÍPICOS DE LA PROVINCIA BOLÍVAR – ECUADOR

María Bernarda Ruilova Cueva

Omar Martínez Mora

Fernando Cobos Mora

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151417](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151417)

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

OBTENCIÓN DE HARINA NO CONVENCIONAL A PARTIR DEL EXOCARPO DE LA NARANJA VALENCIA (*Citrus x sinensis*) Y BAGAZO DE PIÑA CRIOLLA (*Ananas comosus*) PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA PASTELERA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

Luz Elena Ramírez Gómez

Leidy Andrea Carreño Castaño

Héctor Julio Paz Díaz

Mónica María Pacheco Valderrama

Sandra Milena Montesino

Cristian Giovanny Palencia Blanco

Karen Lorena Bedoya Chavarro

Daniel Francisco Mantilla Mancipe

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151418](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151418)

**CAPÍTULO 19 .....219**

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS E RENDIMIENTO DE GRÃOS DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays L.*) SOB DIFERENTES DENSIDADES

Leandro H Lopes

Luã Carlos Perini

Michael Ivan Leubet

Marcos Caraffa

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151419](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151419)

**CAPÍTULO 20 .....229**

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FUNGICIDAS, COM E SEM APLICAÇÃO SEQUENCIAL DE CARBENDAZIM, NO CONTROLE DA GIBERELA EM TRIGO NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA, PR

Wilson Story Venancio  
Eduardo Gilberto Dallago  
Ibraian Valério Boratto  
Jéssica Ellen Chueri Rezende  
Robinson Martins Venancio  
Vanessa Mikolayczyk Juraski  
Vanessa Nathalie Modesto Boratto

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151420](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151420)

**CAPÍTULO 21 .....235**

COMPOST A BASE DE ALPERUJO COMO PARTE DE UN SUSTRATO EN PLANTINERA DE HORTALIZAS

María Eugenia de Bustos  
Dante Carabajal

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151421](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151421)

**SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL E VETERINÁRIA**

**CAPÍTULO 22 .....242**

TECNOLOGIAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO: MONITORIZAÇÃO DO EFEITO DAS ÁRVORES SOBRE A PRODUTIVIDADE E SOBRE A QUALIDADE DA PASTAGEM

João Serrano

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151422](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151422)

**CAPÍTULO 23 .....255**

CARACTERIZACIÓN DE LAS FRACCIONES SÓLIDA Y LÍQUIDA OBTENIDAS MEDIANTE SEPARACIÓN *IN SITU* DE HECES Y ORINA EN CEBO DE CERDOS

Aranzazu Mateos San Juan  
Iciar del Campo Hermida  
Almudena Rebolé Garrigós  
María Luisa Rodríguez Membibre  
Ismael Ovejero Rubio

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151423](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151423)

**CAPÍTULO 24 .....266**

USO DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA PARA EL DIAGNÓSTICO DE  
PATOLOGÍAS RESPIRATORIAS DE VÍAS ALTAS EN EL GANADO OVINO

Cristina Ruiz Cámara  
Luis Miguel Ferrer Mayayo  
Enrique Castells Pérez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151424](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151424)

**CAPÍTULO 25 ..... 277**

COEFICIENTE DE TOLERÂNCIA AO CALOR DE CABRAS MISTIÇAS CRIADAS NO  
MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA

Alex Mikael Carvalho da Silva  
Luiz Antonio Silva Figueiredo Filho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151425](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151425)

**CAPÍTULO 26 .....291**

INTOXICACIÓN POR PLANTAS EN RUMIANTES: BASES PARA EL DIAGNÓSTICO  
CLÍNICO

Hélder Quintas  
Carlos Aguiar  
Juan José Ramos Antón  
Delia Lacasta Lozano  
Luis Miguel Ferrer Mayayo

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151426](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151426)

**CAPÍTULO 27 ..... 306**

MARCADORES METABÓLICOS NO PRÉ-PARTO DE OVELHAS DA RAÇA LACAUNE  
QUE PODEM INFLUENCIAR NA TRANSFERÊNCIA DE IMUNIDADE PASSIVA DE  
CORDEIROS

Domênico Weber Chagas  
Manoela Furtado  
Juliano Santos Gueretz  
Fabiana Moreira  
Vanessa Peripolli  
Ivan Bianchi  
Greyce Kelly Schmitt Reitz  
Juahil Martins de Oliveira Júnior  
Elizabeth Schwegler

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151427](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151427)

**CAPÍTULO 28 .....318**

ESTUDO COMPARATIVO DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS PARA CONSERVAÇÃO DE PEÇAS ANATÔMICAS QUE SUBSTITUA O USO DO FORMALDEÍDO

Djeniffer de Borba

Elaine Barbosa Muniz

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151428](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151428)

**CAPÍTULO 29 .....326**

AGRESSIVIDADE EM CÃES DA RAÇA CHOW CHOW NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG

Lívia Comastri Castro Silva

Alessandra Sayegh Arreguy Silva

Rogério Pinto

Sérgio Domingues

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_18122151429](https://doi.org/10.37572/EdArt_18122151429)

**SOBRE O ORGANIZADOR .....338**

**ÍNDICE REMISSIVO .....339**

# CAPÍTULO 1

## SUSTENTABILIDADE DA FERTILIZAÇÃO FOSFATADA: FONTES ALTERNATIVAS DE FÓSFORO COMO FERTILIZANTES AGRÍCOLAS

Data de submissão: 24/09/2021

Data de aceite: 22/10/2021

### Carmo Horta

Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária – Portugal  
Centro de Estudos CERNAS-IPCB  
Castelo Branco – Portugal  
<https://orcid.org/0000-0003-0101-1599>

### António Canatário Duarte

Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária – Portugal  
Centro de Estudos CERNAS-IPCB  
Castelo Branco – Portugal  
GeoBioSciences, GeoTechnologies and  
GeoEngineering  
Pólo da Universidade da Beira Interior (UBI)  
Rua Marquês de Ávila e Bolama, 6201-001  
Covilhã – Portugal  
<https://orcid.org/0000-0002-0319-378X>

**RESUMO:** As reservas naturais de rocha fosfatada têm sido a matéria-prima tradicional dos fertilizantes fosfatados, estimando-se que 80% de quantidade explorada se destina à produção de adubos minerais para uso agrícola. O aumento da população mundial, e o conseqüente aumento na procura de alimentos, tem conduzido a um aumento

crescente no consumo de fósforo. Deste modo, a continua exploração deste recurso não renovável irá realizar-se sucessivamente em depósitos com menor concentração de fósforo, e com maior teor de impurezas, como por exemplo teores mais elevados de elementos tóxicos (ex: crómio, cádmio, chumbo e fluor) obtendo-se assim, uma matéria prima cada vez mais cara e de menor qualidade. Sendo o fósforo um nutriente essencial para todas as formas de vida, e que não pode ser substituído por nenhum outro elemento químico, torna-se evidente a necessidade urgente de tomar medidas para o seu uso sustentável. Neste capítulo são apresentados dados e são discutidas opções para o seu uso agrícola, que contribuirão, através da sua reutilização e reciclagem, para a proteção do fósforo como recurso natural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chorume. Compostos. Estrume. Estruvita. Rocha fosfatada.

### SUSTAINABILITY OF PHOSPHORUS FERTILISATION: ALTERNATIVE SOURCES OF PHOSPHORUS AS FERTILISERS

**ABSTRACT:** Phosphate rock (PR) reserves have been the traditional raw material for phosphate fertilizers. It is estimated that 80% of the PR explored is used in the manufactured of mineral fertilizers for agricultural use. The increase in the world population and the consequent increase in the demand for food has led to an increasing consumption of

phosphorus. Thus, the continuous exploitation of this non-renewable PR resource will be carried out successively in deposits with a lower concentration of phosphorus and with a higher content of impurities (e.g. toxic elements such as chromium, cadmium, lead and fluorine), thus obtaining a raw material that is increasingly more expensive and of lower quality. Since phosphorus is an essential nutrient for all forms of life and cannot be replaced by any other chemical element, take measures for its sustainable use becomes evident and urgent. This chapter focus on data about current and future phosphorus exploitation and about options for phosphorus agricultural use that can contribute to the protection of PR resources through its reuse and recycling.

**KEYWORDS:** Slurry. Compost. Manure. Struvite. Phosphate rock.

## 1 O FÓSFORO COMO NUTRIENTE VEGETAL

O fósforo (P) é um nutriente essencial para todas as formas de vida, o que significa que as funções que desempenha nos organismos vivos não podem ser desempenhadas por nenhum outro elemento mineral. O P entra na cadeia alimentar através da absorção pelas raízes das plantas de iões fosfato (principalmente  $H_2PO_4^-$ ) presentes na solução do solo. No que diz respeito às culturas agrícolas, o fósforo é um elemento determinante não só para a produção de biomassa, mas também para a qualidade alimentar da produção agrícola. Como nutriente essencial dos seres vivos, o fósforo tem um importante papel estrutural como constituinte a nível celular dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), e dos fosfolípidos nas biomembranas. Desempenha também um importante papel na transferência de energia nas células, nos processos metabólicos de biossíntese e de degradação. Neste caso, a sua presença nas células ocorre sob a forma de esteres fosfatados e em ligações fosfatadas com elevado conteúdo energético (ligações pirofosfato). Os esteres fosfatados constituem compostos intermediários em diversas vias metabólicas de biossíntese e degradação. A energia contida nas ligações pirofosfato é acumulada na célula em moléculas como a adenosina trifosfato (ATP) e, nas plantas por exemplo, utilizada na biossíntese do amido ou na absorção de iões. A hidrólise de cada ligação fosfato do ATP liberta cerca de 30 kJ por mole de ATP. O P pode também ser acumulado nas sementes como substância de reserva em sais do ácido fítico (fitatos), constituindo a primeira fonte de P durante a germinação das sementes para a formação dos lípidos das membranas celulares e dos ácidos nucleicos. Nos animais, o fósforo é ainda necessário para a formação dos ossos e dentes, onde ocorre na forma de hidroxiapatite, forma química do fósforo co-precipitado com o cálcio (Marschner, 1995; Schachtman *et al.*, 1998). Durante o crescimento vegetativo o teor de P na matéria seca das plantas situa-se entre os 0,3 a 0,5%. Em geral os solos nativos têm valores de fósforo disponível inferiores aos requeridos pelas culturas. Vance *et al.* (2003) referem que mais de 40%

dos solos agrícolas a nível mundial têm teores baixos de P biodisponível e necessitam de fertilização fosfatada. Um adequado teor de P no solo é necessário não só para a nutrição das plantas, mas também para a segurança alimentar e a saúde humana. Dado que o P não pode ser substituído por outro elemento mineral nos processos metabólicos, os seres humanos dependem da disponibilidade de P nos sistemas agrícolas.

## 2 O FÓSFORO COMO RECURSO NATURAL

As reservas naturais de rocha fosfatada têm sido a matéria-prima tradicional dos fertilizantes fosfatados, e constituem um recurso natural não renovável. Estima-se que o consumo mundial de  $P_2O_5$  através de fertilizantes e usos industriais aumente de 47 milhões de toneladas em 2020, para 49 milhões de toneladas em 2022 (FAO, 2019). Este aumento será devido principalmente ao consumo de países Asiáticos e da América do Sul. Por sua vez, o consumo de  $P_2O_5$  dos Estados Unidos da América tem-se mantido estável na última década, e situa-se nos 4 milhões de toneladas por ano (USGS, 2021), enquanto que o consumo de  $P_2O_5$  na Europa se situou em 2021 em 4,7 milhões de toneladas (FAO, 2019). Como se pode observar na Tabela 1, Marrocos e Saara Ocidental possui a maior quantidade de reservas fosfatadas, com 70,4% em relação às reservas mundiais, seguido da China com 4,5% (USGS, 2021).

Neste trabalho seguiu-se a classificação da IFDC-International Fertilizer Development Center relativamente à classificação dos depósitos de rocha fosfatada em reservas e recursos. Assim, utilizou-se o termo reserva relativamente ao P contido nos depósitos de rochas fosfatadas, que pode ser extraído lucrativamente com a tecnologia existente e sob as condições económicas atuais. O termo recurso por sua vez, refere-se à quantidade de rocha fosfatada que pode potencialmente ser explorada em algum momento no futuro, tornando-a uma variável mais estática (Zapata, 2004).

Tabela 1. Quantidade de fósforo extraída em 2020, e reservas de rocha fosfatada estimada dos 15 países detentores de maiores reservas.

Países	Quantidade extraída - 2020	Reservas	Reservas mundiais
	10 <sup>3</sup> toneladas $P_2O_5$		%
<b>África do Sul</b>	2100	1400000	2,0
<b>Algeria</b>	1300	2200000	3,1
<b>Arábia Saudita</b>	6500	1400000	2,0
<b>Austrália</b>	2700	1100000	1,5
<b>Brasil</b>	5500	1600000	2,3
<b>China</b>	90000	3200000	4,5
<b>Egipto</b>	5000	2800000	3,9

Países	Quantidade extraída - 2020	Reservas	Reservas mundiais
	10 <sup>3</sup> toneladas P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		%
<b>Estados Unidos da América</b>	24000	1000000	1,4
<b>Finlândia</b>	1000	1000000	1,4
<b>Jordânia</b>	9200	800000	1,1
<b>Kazaquistão</b>	1500	260000	0,4
<b>Marrocos e Sahara Ocidental</b>	37000	50000000	70,4
<b>Peru</b>	4000	210000	0,3
<b>Rússia</b>	13000	600000	0,8
<b>Síria</b>	360	1800000	2,5
<b>Outros países</b>	19840	1630000	2,3
<b>Total mundial</b>	223000	71000000	100

Fonte: USGS Survey, Mineral Commodity Summaries, 2021.

Pelos dados da Tabela 1 poder-se-ia estimar que as reservas mundiais de fósforo assegurariam por mais cerca de 300 anos a sua procura, tendo em conta a produção média de 2020. No entanto, as estimativas apontam para que as rochas fosfatadas como recurso a nível mundial se situam num valor de cerca de 300 biliões de toneladas. Deste modo, apesar de não se prever uma escassez iminente no fornecimento de fósforo para os seus diversos usos, a sua continua exploração irá realizar-se sucessivamente em depósitos com menor concentração de fósforo, inferior a 30% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e com maior teor de impurezas, como por exemplo teores mais elevados de elementos tóxicos como o crómio, cádmio, chumbo e fluor (Sabiha-Javied *et al.*, 2009), obtendo-se uma matéria prima cada vez mais cara e de menor qualidade. Para o fabrico de fertilizantes a rocha fosfatada deve conter pelo menos 28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, caso contrário deverá passar por um tratamento adicional para aumentar essa concentração (Jasinski, 2012). A classificação do *Indian Bureau of Mines* das rochas fosfatadas quanto ao grau de pureza em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (i.e. a concentração em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na rocha fosfatada), e a sua posterior utilização apresenta-se na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação das reservas fosfatadas quanto à sua posterior utilização.

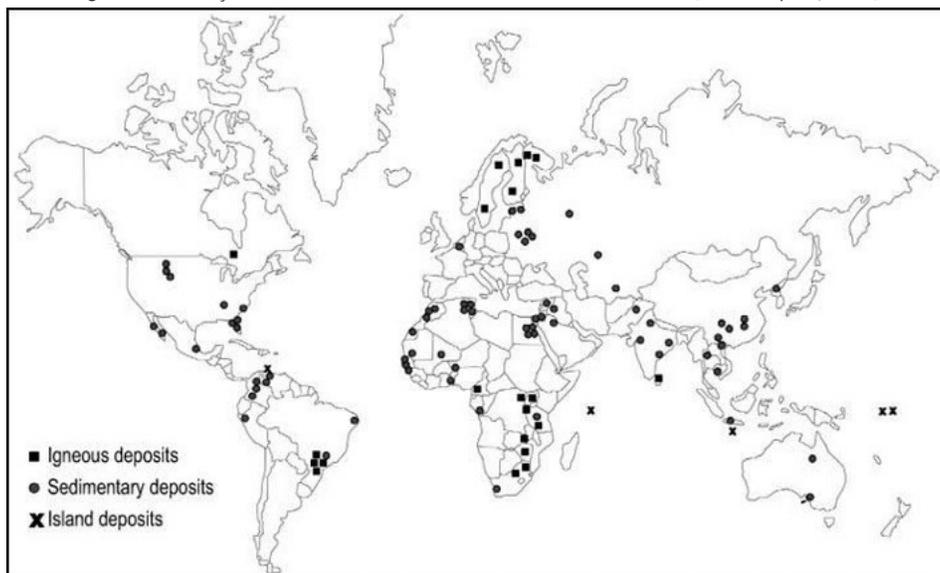
Grau	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Utilização
<b>Elevado</b>	>30	Consideradas para o fabrico de fertilizantes fosfatados por via húmida.
<b>Médio</b>	25-30	Consideradas principalmente para rocha fosfatada acidulada, e para fosfatos após processos de baixa beneficiação.
<b>Baixo</b>	11-25	Para teores até 20% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> pode ser considerado para a produção de rocha fosfatada parcialmente acidulada e para valores inferiores para aplicação direta ao solo.

Fonte: Samreen and Kausar, 2019.

Como se pode observar, nesta classificação o fabrico de fertilizantes por via húmida (ataque da rocha fosfatada com ácidos) é feito unicamente em rochas fosfatadas com pelo menos 30% de  $P_2O_5$ , obtendo-se um fertilizante com pelo menos 90% do fósforo em formas químicas solúveis em água e disponíveis para as culturas. Abaixo deste teor, e até 20% de  $P_2O_5$ , a rocha fosfatada pode ser acidulada e aplicada ao solo parcialmente processada. Neste caso tem uma menor proporção de P solúvel em água cerca de 20% e, portanto, apresenta o fósforo menos biodisponível a curto prazo. No caso da aplicação direta da rocha fosfatada ao solo (valores inferiores a 20% de  $P_2O_5$ ), a libertação do P realiza-se lentamente à medida da meteorização da apatite e está muito dependente das propriedades do solo, em particular do pH.

Cerca de 80% do fósforo proveniente das reservas fosfatadas é utilizado na produção de adubos minerais para a agricultura. A nível mundial, a maior parte da rocha fosfatada utilizada na produção de fertilizantes minerais é de origem sedimentar (85%), a qual ocorre em depósitos de fosforites, embora depósitos de origem ígnea possam ser utilizados. A localização geográfica destes depósitos encontra-se assinalada na Figura 1.

Figura 1. Localização das reservas em rochas fosfatadas a nível mundial (Fonte: Zapata, 2004).

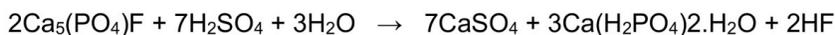


A nível Mundial, a exploração crescente das reservas de rocha fosfatada, bem como a utilização crescente de P na agricultura e a quase total dependência externa desta matéria prima pelos países da União Europeia (apenas a Finlândia possui

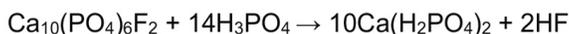
depósitos de rocha fosfatada), levou a Comissão Europeia a incluir, desde 2014, a rocha fosfatada na lista da União Europeia de matérias primas críticas e desde 2020 incluiu também o elemento fósforo (European Commission, 2020). Alguns estudos indicam que a crescente procura por fosfato, diminuindo os depósitos existentes, conduzirá a que num determinado momento a extração mundial de fósforo atingirá um pico, indo depois desacelerar apesar da crescente procura. Esse momento é conhecido como o “pico de extração do fósforo” (*peak phosphorus*), tendo sido apontado o ano de 2023 para a sua ocorrência pela Global Phosphorus Research Initiative (GPRI). Outros autores (van Vuuren *et al.*, 2010) referem que a tendência contínua em usar elevadas taxas de aplicação de P na agricultura, levarão ao esgotamento de mais de 50% dos recursos base até 2100, o que constitui uma séria ameaça à segurança no fornecimento de P.

### 3 PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS

A apatite, é um fosfato mineral de cálcio com a fórmula química geral  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{X})_2$ , podendo X ser F, OH<sup>-</sup> ou Cl<sup>-</sup>, sendo o principal constituinte das rochas fosfatadas. Frequentemente o fosfato encontra-se na forma de fluorapatite  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ , como por exemplo hidroxi-fluorapatite  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F})$ , ou como carbonato-hidroxiapatite  $(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{CO}_3\text{OH})_2\text{F}$ . A primeira fonte de fósforo aplicada em solos agrícolas foram os ossos que eram tratados com ácido sulfúrico para aumentar a disponibilidade deste nutriente para as culturas. Em meados do século XIX surgiu em Inglaterra a primeira fábrica de produção de adubo mineral fosfatado (superfosfato simples, SSP), que contém 16–20% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e ainda 18–21% de Ca e 11–12% de S. O SSP obtém-se a partir da reação da rocha fosfatada com ácido sulfúrico de acordo com a seguinte equação:



O superfosfato concentrado ou triplo superfosfato (TSP), é obtido a partir da reação da rocha fosfatada com o ácido fosfórico:



O TSP tem um teor de 41–46% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , e sendo mais concentrado em P, apresenta um teor  $\leq 3\%$  de S e 10–12% de Ca.

A maior parte da rocha fosfatada (cerca de 70%) destinada à produção de fertilizantes é utilizada na produção de ácido fosfórico. O ácido fosfórico é normalmente obtido por via húmida através do ataque da rocha fosfatada com ácidos orgânicos, como

por exemplo o ácido sulfúrico, nítrico ou clorídrico. O ácido mais utilizado neste processo é o ácido sulfúrico, obtendo-se além do ácido fosfórico (20–30% de  $P_2O_5$ ), também sulfato de cálcio hidratado através da seguinte reação química:



Segundo dados de 2017, a nível Mundial a produção anual de ácido fosfórico é de 43 milhões de toneladas, sendo a China o país com maior produção (17 milhões de toneladas), seguido pelos países do Sudeste e nordeste asiáticos com 10 milhões de toneladas, e os Estados Unidos da América com 8,4 milhões de toneladas (Essential Chemical Industry).

Cerca de 90% do ácido fosfórico produzido a nível mundial é utilizado no fabrico de fertilizantes, fosfatos diamónio (38%), monoamónio (29%), triplo superfosfato (8%) e para outros fertilizantes 15%. Para outros usos é utilizado 10%, que compreendem por exemplo suplemento de rações para animais, indústria alimentar (em bebidas, aditivos e conservantes), tratamento da água, detergentes, dentífricos, entre outros.

Na obtenção dos fosfatos monoamónio e diamónio (MAP e DAP), ocorre a reação entre o amoníaco ( $NH_3$ ) com o ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ):



O MAP apresenta 9–12% de N e 48–55% de  $P_2O_5$  e o DAP 18% de N e 46%  $P_2O_5$ .

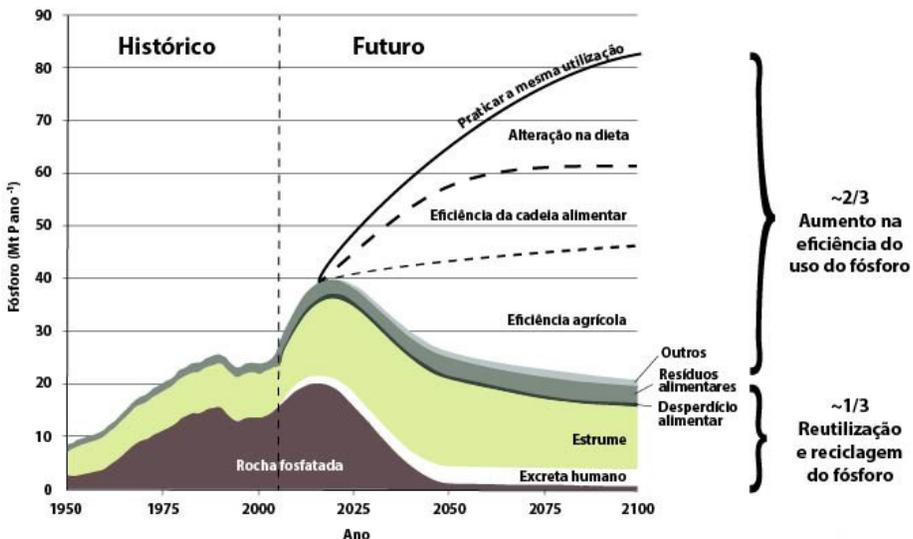
A rocha fosfatada pode também ser tratada termicamente (via seca), obtendo-se neste caso os termosfosfatos que não apresentam o fósforo solúvel em água, mas apenas em ácido cítrico com menor biodisponibilidade. O processo de produção ocorre com o tratamento térmico da rocha fosfatada a temperaturas de pelo menos 1200°C na presença de aditivos (por exemplo com serpentina obtendo-se o termofosfato magnésiano). Neste processo é destruída a estrutura cristalina da apatite, tornando-a mais facilmente meteorizável, e aumentando assim a biodisponibilidade do P. Os termofosfatos por apresentarem uma reação alcalina são indicados para solos ácidos tendo efeito como corretivos da acidez, e proporcionando uma fonte de fósforo de libertação lenta.

## 4 FONTES ALTERNATIVAS DE FÓSFORO COMO FERTILIZANTES AGRÍCOLAS

No contexto atual da economia circular, reutilizar e reciclar o fósforo que é incorporado num conjunto diversificado de resíduos, é importante para a sustentabilidade do uso do fósforo em particular na sua utilização agrícola (Withers *et al.*, 2015).

A Figura 2 mostra que uma alteração no uso antropogénico do fósforo é absolutamente necessária, e conduzirá a mudanças significativas na oferta e procura do fósforo. Assim, o cenário apresentado aponta para que uma redução efetiva da extração do fósforo a partir de depósitos naturais possa ser alcançada, terá que ser através de: (i) uma maior eficiência no uso do fósforo (2/3), e (ii) através de processos de reutilização e reciclagem do fósforo (1/3).

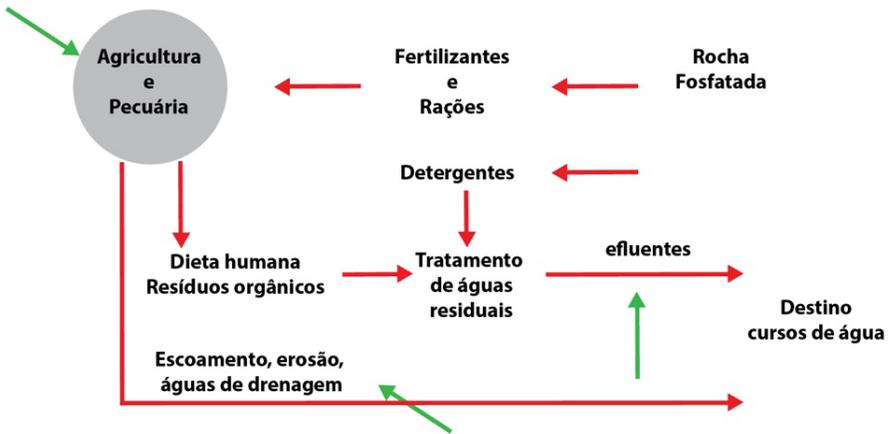
Figura 2. Cenário para alcançar a sustentabilidade no uso longo prazo do fósforo através da sua reutilização e reciclagem. (Fonte: Cordell *et al.*, 2011)



O atual ciclo de utilização antropogénica do fósforo ocorre em modelo aberto (Figura 3), com perdas significativas de fósforo principalmente para os cursos de água, o que tem contribuído para a eutrofização acelerada da maior parte dos cursos de água nos países industrializados. A reutilização e reciclagem em agricultura de um conjunto de bioresíduos, nos quais o fósforo foi incorporado, bem como a utilização de melhores práticas agrícolas que diminuam as suas perdas por escoamento e erosão, contribuirá para fechar o seu ciclo de utilização (indicado pelas setas de cor verde), diminuindo as entradas de fósforo mineral nos sistemas aquáticos.

Figura 3. Ciclo antropogénico de utilização do fósforo.

**Ciclo da utilização do Fósforo (aberto) → fechar = Sustentabilidade**



Como exemplos de bioresíduos provenientes da atividade pecuária, que apresentam potencial para utilização agrícola como fontes de nutrientes, e em particular de P, referem-se os seguintes: estrumes e chorumes de pecuária, e lamas do digerido obtido em instalações de digestão anaeróbia de resíduos orgânicos para obtenção de biometano (digestato). Estes bioresíduos para além da sua aplicação direta ao solo, podem também ser compostados e dar origem a um produto estabilizado, com a matéria orgânica humificada, livre de microrganismos patogénicos e de sementes de infestantes. A concentração em nutrientes, nomeadamente em azoto e fósforo dos estrumes e chorumes, é muito variável, pois depende da espécie pecuária e do seu tipo de alimentação. No caso dos estrumes depende ainda da adição de palha, ou outro material com uma razão C/N elevada, aos dejetos dos animais, e no caso do chorume depende principalmente da quantidade de água utilizada na lavagem das instalações pecuárias. Na Tabela 3 apresentam-se algumas propriedades físicas e químicas destes bioresíduos e compostos produzidos em unidades de pecuária intensiva. Como se pode observar, e relativamente aos estrumes, estes apresentam (com exceção do valor de pH), elevada variabilidade na sua composição (coeficientes de variação, CV= 28–94%). Em média apresentam valores da matéria seca, matéria orgânica e C/N suscetíveis de contribuir para a formação de húmus no solo e, portanto, de contribuir para uma melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo. O valor médio de pH situa-se na zona alcalina, o que é favorável à aplicação destes produtos em solos ácidos, e o valor médio da condutividade elétrica (CE) não é elevado não sendo de esperar um aumento

significativo da salinidade do solo. Relativamente ao teor em P dos estrumes observa-se uma elevada variabilidade, apresentando a razão N/P um valor médio de 13, o que indica um teor em P inferior ao equilíbrio N/P necessário às culturas (valores de N/P de 6–8). Quanto à apreciação do valor agronómico dos chorumes, verifica-se que são produtos com um elevado teor de água e de sais dissolvidos (valor elevado da CE), e com uma razão C/N muito baixa. Podem apresentar algum interesse quanto ao seu teor em azoto (em média 10 m<sup>3</sup> de chorume aportarão 26 kg de N ao solo), no entanto, são em geral muito pobres em P. A composição do digestato apresentada na Tabela 3 diz respeito apenas a dois produtos desidratadas obtidos a partir da co-digestão anaeróbia de chorume de suínos, ou de bovinos de leite, com palha de cereais. O digestato é um produto, que apesar de ter sofrido um processo mecânico de desidratação, ainda apresenta um baixo teor de matéria seca (cerca de 27%). Tem um conteúdo relativamente elevado de matéria orgânica, e um teor de azoto também relativamente elevado. No entanto, cerca de 85% do azoto presente no digestato está em formas orgânicas que se mineralizam lentamente e, deste modo, não contribuem para uma substituição total da fertilização azotada no primeiro ciclo cultural após a sua aplicação ao solo (Horta e Carneiro, 2020). A razão N/P é baixa indicando um teor elevado de P relativamente ao conteúdo em azoto e constituindo uma fonte de P para as plantas. Os compostos, sendo produtos em que houve a formação de húmus, irão contribuir para o seu aumento no solo, bem como para a libertação de nutrientes como N e P para a nutrição das culturas. Os compostos apresentados na Tabela 3 dizem respeito a produtos compostados nas próprias explorações agro-pecuárias e utilizados localmente. Em Portugal, existem atualmente valores limite decorrentes de legislação da Comissão Europeia e nacional (Decreto Lei 103/2015), relativos à composição dos compostos para colocação no mercado como matérias fertilizantes. Neste caso, os compostos comercializados podem apresentar no máximo 40% de humidade, e possuir no mínimo 30% de matéria orgânica reportada à matéria seca. O valor de pH deve situar-se entre 5,5–9,0, não apresentarem fitotoxicidade à germinação das sementes, e devem estar livres de microrganismos patogénicos e de sementes de infestantes. Esta legislação contém ainda valores limite para teores em compostos orgânicos, micronutrientes e elementos tóxicos (Decreto Lei 103/2015). Em Portugal, a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos bem como das lamas provenientes das estações de tratamento de águas residuais, tem tido a compostagem como principal destino final. Estes compostos, cumprindo com a legislação nacional encontram-se comercializados como matérias fertilizantes contribuindo para a reciclagem do P.

Tabela 3. Composição física e química de alguns bioresíduos da atividade pecuária e de compostos obtidos em explorações agro-pecuárias na região Centro de Portugal, utilizados como fertilizantes em agricultura.

Propriedades <sup>1</sup>	Estrumes	Chorumes	Digestato	Compostos
	n = 31	n = 11	n = 2	n = 14
MS ± dp	44 ± 16 (%)	18 ± 16 (g L <sup>-1</sup> )	27 ± 3 (%)	58 ± 21 (%)
CV (%)	59	92	12	36
MO ± dp	70 ± 20 (%)	11 ± 10 (g L <sup>-1</sup> )	66 ± 14 (%)	62 ± 19 (%)
CV (%)	28	97	22	30
pH ± dp	8,6± 0,9	7,7 ± 0,6	8,1± 0,4	7,8 ± 1,4
CV (%)	10	8	5	18
CE ± dp (dS m <sup>-1</sup> )	4,6± 3,1	18,2 ± 10,4	1,5 ± 0,3	2,5 ± 1,7
CV(%)	68	57	20	69
Ntotal ± dp	2,5± 1,2 (%)	2,6 ± 2,1(g L <sup>-1</sup> )	2,9 ± 0,2 (%)	2,5 ± 2,0 (%)
CV(%)	49	79	6	79
Ptotal ± dp	0,3± 0,27 (%)	11 ± 14 (mg L <sup>-1</sup> )	1,0 ± 0,4 (%)	0,5 ± 0,7 (%)
CV(%)	94	133	37	153
C/N ± dp	19± 16	2 ± 2	13 ± 2,1	19 ± 12
CV (%)	82	94	16	63
N/P ± dp	13± 11	409 ± 609	3 ± 1	15 ± 15
CV (%)	82	149	32	99

MS-Matéria seca; MO-Matéria orgânica; CE-Conduktividade elétrica; CV- Coeficiente de variação; dp- desvio padrão da média. Fonte: Interreg-POCTEP 0745\_SYMBIOSIS\_II\_3\_E e Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Independentemente das fontes de P, as matérias fertilizantes devem conter o P em formas químicas que estejam disponíveis para a absorção pelas plantas. Nos compostos e nos bioresíduos o fósforo apresenta-se em formas químicas e orgânicas com alguma variabilidade, não só entre os diversos produtos, mas também dentro do mesmo tipo de produto.

No entanto, nestas matérias fertilizantes de origem orgânica o P está principalmente em formas inorgânicas (Pi), que ocorrem em cerca de 90% do seu teor em P total. Também, a maior parte (50–60%) deste Pi está em formas químicas de elevada disponibilidade para a plantas (Frossard *et al.* 2002; Horta, 2017). Assim, os bioresíduos de origem pecuária como os compostos, apresentam-se como fontes alternativas de P para as culturas, estando, no entanto, a sua efetiva biodisponibilidade dependente também das propriedades do solo (ex: pH), e das características das culturas no que respeita à eficiência do uso do P.

## 5 TÓPICOS FUTUROS DE INVESTIGAÇÃO

A alteração do atual paradigma no que respeita à fertilização fosfatada, passa por uma diminuição significativa na utilização de adubos minerais fosfatados. Esta redução será em parte conseguida através da substituição dos adubos minerais fosfatados por bioresíduos da atividade pecuária ou compostos. No entanto, para que esta substituição seja eficiente, do ponto de vista agronómico e também ambiental, necessita ainda da obtenção de dados experimentais que validem e indiquem boas práticas para o uso eficiente do P nos diversos sistemas agrícolas. A fertilização fosfatada é frequentemente realizada de uma forma desequilibrada ocorrendo por excesso ou por defeito relativamente às necessidades das culturas. Assim, em vastas áreas agrícolas dos países industrializados a aplicação de P ao solo ocorre em quantidade superior às necessidades das culturas levando à ocorrência de solos sobre-fertilizados. Nestes solos ocorrem perdas de P por poluição difusa para as águas superficiais, através das águas de escoamento superficial (P dissolvido) as quais transportam também sedimentos (P particulado) resultantes do processo de erosão. Este facto tem conduzido à eutrofização acelerada dos cursos de água nessas regiões (Torrent *et al.* 2007; Sharpley and Tunney, 2000). Por outro lado, a aplicação ao solo de P em quantidades inferiores às necessidades das culturas constitui um gasto económico e ambiental sem que se verifique acréscimo na produção. Assim, o aumento da eficiência da fertilização fosfatada deverá ter em conta: (i) a avaliação precisa da disponibilidade em P do solo e do fertilizante; (ii) o conhecimento da necessidade em P da cultura e da sua estratégia de aquisição do P ao longo do seu ciclo.

A sustentabilidade da fertilização fosfatada pode ainda integrar outras abordagens para além do uso direto de bioresíduos e compostos, como por exemplo a extração do P e também do N contidos em efluentes agro-pecuários, agro-industriais ou urbanos. Atualmente, através de tecnologia apropriada é possível extrair o P e o N contido em efluentes através da formação de um precipitado, a estruvita ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ), que contém 12% de P, 5% de N e 10% de Mg. À escala laboratorial existe também tecnologia para a obtenção de estruvita a partir de digestato de resíduos sólidos urbanos (Oliveira *et al.*, 2021). Deste modo, obtém-se uma fonte secundária de P mineral, a estruvita, como matéria prima para o fabrico e/ou utilização direta como fertilizante mineral fosfatado. Ensaios agronómicos com estruvita têm mostrado que possui valor fertilizante, tendo uma capacidade de libertação de P mais rápida em solos ácidos e constituindo uma fonte de P de libertação mais lenta em solos alcalinos. O desenvolvimento de tecnologia à escala industrial que permita obtenção de estruvita a partir de bioresíduos de diferente origem constitui também um tópico de investigação.

## 6 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi suportado pelo projeto 0745\_SYMBIOSIS\_II\_3\_E, cofinanciado pelo Programa de Cooperação INTERREG V A Espanha – Portugal (POCTEP) 2014 – 2020.

## REFERÊNCIAS

CORDELL, D.; ROSEMARIN, A.; SCHRÖDER, J. J.; SMIT, A. L. Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. **Chemosphere**, v. 84, n. 6, p. 747–758, 2011.

DECRETO LEI 103/2015, Diário da República, 1ª Serie Nº 114–15 junho de 2015.

ESSENTIAL CHEMISTRY INDUSTRY. Disponível em: <https://www.essentialchemicalindustry.org>. Acesso em 20 set. 2021.

EUROPEAN COMMISSION. 2020. **Study on the EU's list of Critical Raw Materials. Final Report. Brussels**. 31 jan. 2020. Disponível em: [https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRM\\_2020\\_Report\\_Final.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRM_2020_Report_Final.pdf). Acesso em 15 set. 2021.

JASINSKI, S. Phosphate Rock. In **Mineral Commodity Summaries 2012**. Washington: U.S Government Printing Office, p. 118–119, 2012. Disponível em: <https://s3uswest2.amazonaws.com/prdwret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2012.pdf>. Acesso em 14 set. 2021.

FAO. **World fertilizer trends and outlook to 2022**. Rome: FAO, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca6746en/ca6746en.pdf>. Acesso em 13 set. 2021.

FROSSARD, E.; SKRABAL, P.; SINAJ, S.; BANGERTER, F.; TRAORE, O. Forms and Exchangeable of inorganic phosphate in composted solid organic wastes. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 62, p.103–113, 2002.

HORTA, C.; CARNEIRO, J. P. Assessment of Fertilising Properties of a Solid Digestate in Comparison with Undigested Cattle Slurry Applied to an Acidic Soil. **Open Journal of Soil Science**, v. 10, n. 8, p. 307–325, 2020.

HORTA, C. Bioavailability of phosphorus from composts and struvite in acid soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 7, p. 459–464, 2017.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press, London, 1995.

OLIVEIRA, V.; DIAS-FERREIRA, C.; GONZÉLEZ-GARCIA, I.; LABRINCHA, J.; HORTA, C.; GARCÍA-GONZALEZ, M. C. A novel approach for nutrients recovery from municipal waste as biofertilizers by combining electrodialytic and gas permeable membrane technologies. **Waste Management**, v. 125, p. 293–302, 15 abr 2021.

SABIHA-JAVIED, T. M.; CHAUDRY, M. M.; TUFAIL M.; IRFAN, N. Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. **Microchemical Journal**, v. 91, n. 1, p. 94–99, jan. 2009.

SAMREE, S; KAUSAR, S. Phosphorus fertilizer: The original and commercial sources. Chapter 6. p. 81-94. In: **Phosphorus, Recovery and Recycling**. Tao Zhang (Edt). E-book. IntechOpen, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.82240>. Acesso em: 16 set. 2021.

SCHACHTMAN, D. P.; REID, R. J.; AYLING, S. M. Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. **Plant Physiology**, v. 116, p. 447–453, 1998.

SHARPLEY, A.; TUNNEY, H. Phosphorus research strategies to meet agricultural and environmental challenges of the 21<sup>st</sup> century. **Journal of Environmental Quality**, v. 29, n. 1, p. 176–181, jan. 2000.

TORRENT, J.; BARBERIS, E.; GIL-SOTRES, F. Agriculture as a source of phosphorus for eutrophication in southern Europe. **Soil Use and Management**, v. 23, n. 1, p. 25–35, set. 2007.

WITHERS, P. J. A.; VAN DIJK, K. C.; NESET, T-S, S.; NESME, T.; OENEMA, O.; RUBÆK, G. H.; SCHOUMANS, O. F.; SMIT, B.; PELLERIN, S. Stewardship to tackle global phosphorus inefficiency: The case of Europe. **Ambio**, v. 44, n. 2, p. 193-206, mar. 2015.

USGS – U.S. Geological Survey. 2021. *Mineral Commodity Summaries*. P. 122-123p. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptation by plants for securing non-renewable resources. **New Phytologist**, v. 157, n. 3, p. 423–447, mar. 2003.

VAN VUUREN; D. P.; BOUWMAN, A. F.; BEUSEN; A. H.W. Phosphorus demand for the 1970-2100 period: A scenario analysis of resource depletion. **Global Environmental Change**, v. 20, n. 3, p. 428–439, ago. 2010.

ZAPATA, F.; ROY, R. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. **FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: FAO, 2004. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/481326>. Acesso em: 18 set. 2021.

## CAPÍTULO 2

### EFEITO DAS ÁRVORES SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO SOLO NO ECOSISTEMA DE MONTADO: ESTUDO DE CASO

Data de submissão: 07/09/2021

Data de aceite: 21/09/2021

**João Serrano**

MED-Mediterranean Institute for Agriculture  
Environment and Development  
Instituto de Investigação e  
Formação Avançada (IIFA)  
University of Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94  
Évora 7006-554, Portugal  
<https://orcid.org/0000-0001-5178-8158>  
jmrs@uevora.pt

**RESUMO:** Este estudo teve por objectivo avaliar o efeito das árvores sobre as características do solo no ecossistema *montado*, constituído por pastagem biodiversa sob *montado* de azinho (*Quercus ilex ssp. rotundifolia* Lam.), pastoreada por ovinos. Foram seleccionadas seis árvores numa parcela tendo-se georreferenciado quatro pontos de amostragem em cada árvore (dois pontos fora da copa e dois debaixo da copa). Em cada ponto de amostragem procedeu-se em Outubro de 2015 ao levantamento das características da camada superficial do solo (0-0,30 m) em termos de textura, pH, matéria orgânica (MO), azoto (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e manganês (Mn). Nos mesmos pontos de amostragem realizou-se a monitorização da temperatura e da humidade

do solo em cinco momentos: em Dezembro de 2015, em Março, Abril, Maio e Junho de 2016. Os resultados obtidos mostraram diferenças significativas no que se refere à MO, N, P, K e Mg, com valores substancialmente mais elevados debaixo da copa das árvores. No que se refere à humidade do solo esta foi mais elevada debaixo da copa das árvores a partir do início da Primavera, enquanto a temperatura superficial da pastagem foi significativamente mais elevada fora da copa das árvores entre Dezembro de 2015 e Maio de 2016. O conhecimento sobre o efeito das árvores no solo pode constituir um contributo importante no apoio à tomada de decisão do gestor agrícola na definição das estratégias de gestão mais adequadas (rotação do pastoreio, fertilização/correção do solo ou previsão da produtividade da pastagem).

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecossistema de *montado*. Copa. Solo. Humidade. Sensor de infravermelhos.

#### EFFECT OF TREES ON SOIL CHARACTERISTICS OF THE MONTADO ECOSYSTEM: CASE STUDY

**ABSTRACT:** The objective of this study was evaluate trees effect on soil parameters in the *montado* ecosystem, made of pasture under holm oak trees (*Quercus ilex ssp. rotundifolia* Lam.), grazed by sheep. Six trees were selected, and four sampling points were georeferenced for each tree (two points outside the canopy

and two under the canopy). In October 2015 the characteristics of the soil surface layer (0-0,30 m) were determined at each sampling point, in terms of texture, pH, organic matter (OM), nitrogen (N), phosphorous (P), potassium (K), magnesium (Mg) and manganese (Mn). At the same sampling points, temperature and soil moisture were measured on five occasions: in December 2015, March, April, May and June 2016. The results show significant differences in terms of OM, N, P, K and Mg, with substantially higher values under the tree canopies. In relation to soil moisture, this was highest below the tree canopy as of beginning of the spring, while the pasture surface temperature was significantly higher outside the tree canopy between December 2015 and May 2016. A better understanding of the effect of trees on the soil can make an important contribution to the decision making process of the farm manager for formulating the most appropriate management strategies (grazing rotations, soil fertilisation/correction or pasture yield prediction).

**KEYWORDS:** *Montado* ecosystem. Tree canopy. Soil. Moisture content. Infrared sensor.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante a segunda metade do século XX milhões de árvores foram eliminadas nas áreas Mediterrânicas, principalmente nos terrenos mais produtivos, com a introdução de cereais e a intensificação da mecanização (Marcos *et al.*, 2007). O relevo ondulado típico destas regiões e o uso intensivo da terra desencadearam processos erosivos, resultando na degradação do solo, com baixos teores de matéria orgânica e tendência para acidificação, todos factores limitantes da produtividade (Serrano *et al.*, 2013). Nos últimos vinte anos, no entanto, um considerável esforço tem sido levado a cabo para promoção dos sistemas agro-silvo-pastoris assentes no *montado* como estratégia que permita reverter gradualmente as tendências de degradação da qualidade dos solos nestas regiões (Efe Serrano, 2006; Marcos *et al.*, 2007). Estes sistemas mistos de árvores e pastagens sujeitos a pastoreio animal contribuem para o equilíbrio ecológico do meio rural (Somarriba, 1988), ocupam entre 3,5 e 4 milhões de hectares em Espanha, Portugal, Marrocos, Argélia, Itália e Grécia (Seddaiu *et al.*, 2013) e representam 33% da área total de floresta em Portugal (David *et al.*, 2013). No Alentejo, província localizada no Sul de Portugal, as principais espécies de árvores no *montado* são a azinheira (*Quercus ilex* ssp. *rotundifolia* Lam.), para produção de bolotas para a alimentação animal, e o sobreiro (*Quercus suber* L.) para produção de cortiça (David *et al.*, 2013).

O clima Mediterrânico é caracterizado por forte sazonalidade, com verões secos e invernos irregulares em termos de precipitação, por isso, a resiliência ao stress hídrico é um factor essencial da vegetação nestes ecossistemas, compostos por duas camadas vegetais, pastagens e árvores, com diferentes comportamentos em termos de utilização da água em resultado da grande profundidade das raízes das árvores e das raízes superficiais das pastagens (Paço *et al.*, 2009). Vários estudos têm sido conduzidos para

quantificar a contribuição destes dois componentes no balanço hídrico do ecossistema (Paço *et al.*, 2009), podendo-se concluir que têm padrões de transpiração diferentes. As pastagens, principalmente constituídas por plantas anuais, são altamente dependentes da humidade superficial e bastante sensíveis ao período de Verão: a transpiração pára no início desta estação. Por outro lado, as árvores são mais dependentes da humidade a maiores profundidades, mostrando uma alta resiliência à seca de Verão: a transpiração continua durante esta estação, apesar de uma redução da condutância da copa (Paço *et al.*, 2009).

O efeito das árvores no desenvolvimento da pastagem tem sido estudado por várias equipas de investigação (Jackson e Ash, 1998; Marcos *et al.*, 2007; Benavides *et al.*, 2009; Howlett *et al.*, 2011). Este efeito é altamente condicionado pelo solo, especialmente pela disponibilidade de humidade, pela exposição solar e pela temperatura. De acordo com Seddaiu *et al.* (2013), o conhecimento existente na distribuição e características dos nutrientes no solo e da produtividade da pastagem no *montado* é insuficiente para o desenvolvimento de estratégias de conservação. Esta dificuldade resulta da variabilidade característica deste ecossistema, acentuada pela presença de árvores (David *et al.*, 2013) e pela dinâmica de pastoreio animal (Schellberg *et al.*, 2008). O efeito das árvores na pastagem é directamente consequência da extensão com que estas modificam o microclima e as propriedades do solo (Benavides *et al.*, 2009). O efeito positivo das árvores na fertilidade do solo foi reportado em vários sistemas agro-silvo-pastoris (Benavides *et al.*, 2009). O potencial para sequestro de carbono (C) em sistemas que combinam pastagens com árvores é alto visto que as raízes secundárias das árvores lentamente acumulam C, o que ajuda a aumentar os teores de matéria orgânica no solo (Seddaiu *et al.*, 2013). A competição entre as árvores e a pastagem pela luz, humidade e nutrientes influencia a produtividade da pastagem. O efeito positivo da sombra na redução da evapotranspiração conduz a teores mais elevados de humidade no solo debaixo das árvores (Benavides *et al.*, 2009) e maior resistência à seca de Verão. No entanto, a redução da quantidade e qualidade da luz afecta directamente os processos fisiológicos das plantas, diminuindo a fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de hidratos de carbono e a produção de matéria seca da pastagem (Jackson e Ash, 1998; Benavides *et al.*, 2009). De acordo com Benavides *et al.* (2009) a temperatura é um factor importante que afecta a produção de pastagem uma vez que esta afecta os processos fisiológicos das plantas, como a fotossíntese, a respiração ou a germinação. As imagens obtidas por termografia de infravermelhos permitem estimar a temperatura na superfície da pastagem, parâmetro que pode ajudar a explicar o efeito das árvores no desenvolvimento da pastagem.

No sentido de implementar estratégias que preservem os recursos naturais através de sistemas agro-silvo-pastoris é necessário conhecer e corrigir factores

limitantes potenciais, especialmente o factor solo, o que requer conhecimento agronómico associado à implementação de novas tecnologias. Este trabalho teve como objectivo principal avaliar o efeito das árvores sobre as características do solo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 PARCELA DE ESTUDO

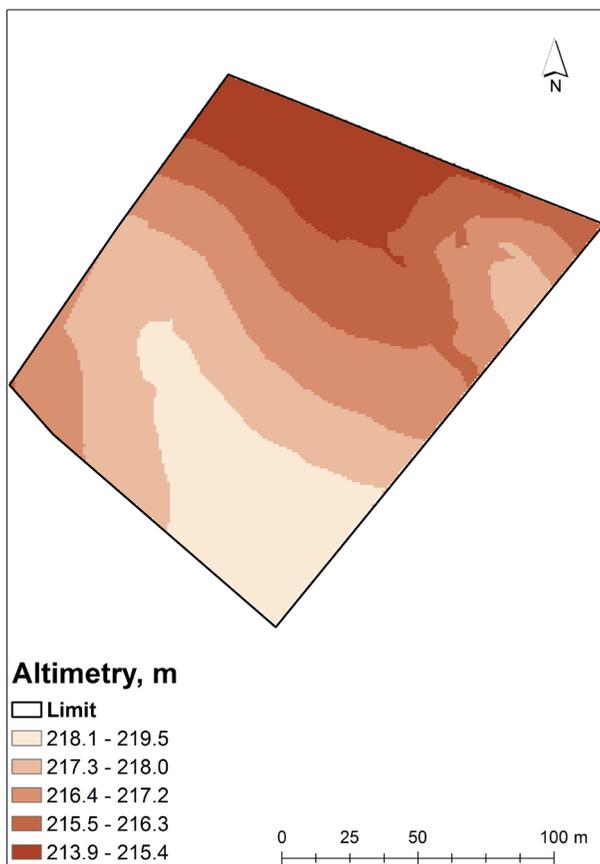
A parcela de estudo, com uma área de 2,3ha, localiza-se na Herdade da Mitra (coordenadas 38°32,2'N; 8°01,1'W), da Universidade de Évora, na região Sul de Portugal. Trata-se de uma parcela de *montado* de azinho (*Quercus ilex ssp. rotundifolia* Lam.), com reduzida densidade (8 árvores por hectare), e pastagem permanente biodiversa pastoreada por 15 ovinos *Merino Preto* em sistema rotacional. O solo é classificado como Cambissolo derivado de granito (FAO, 2006). Estes solos são pouco férteis, normalmente ácidos e principalmente usados em sistemas mistos agro-silvo-pastoris.

Na parcela foram identificadas seis árvores que foram seleccionadas para estudo (Figura 1), com base no mapa altimétrico (Figura 2), tendo sido escolhidas três árvores na zona alta (árvores A1, A2 e A3) e três árvores na zona baixa (B1, B2 e B3). Em cada uma destas, segundo a orientação N-S, foram georreferenciados quatro pontos de amostragem, onde foram instaladas caixas de exclusão de pastoreio com dimensões de 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m, duas fora da copa das árvores (FCA) e duas debaixo da copa das árvores (DCA), num total de vinte e quatro pontos de amostragem.

Figura 1- Parcela de ensaio localizada na Herdade da Mitra, da Universidade de Évora, com indicação dos códigos das árvores (A1, A2, A3, B1, B2 e B3).



Figura 2- Mapa altimétrico do campo experimental.



## 2.2 AMOSTRAGEM DO SOLO

Em Outubro de 2015, em cada ponto de amostragem, foi recolhida uma amostra compósita de solo na camada de 0-0,30m. Estas amostras foram submetidas a análise no Laboratório de Solos da Universidade de Évora para as seguintes determinações: textura (areia, limo e argila), pH, matéria orgânica (MO), azoto total ( $N_t$ ), fósforo ( $P_2O_5$ ), potássio ( $K_2O$ ), magnésio (Mg) e manganês (Mn).

Os componentes finos da amostra foram analisados pelos seguintes métodos (Egner *et al.*, 1960): (i) pH numa solução 1:2,5 (solo: água) foi medido pelo método potenciométrico; (ii) matéria orgânica foi medida por combustão com dióxido de carbono utilizando a detecção por infravermelhos; (iii)  $N_t$  foi medido pelo método de Kjeldahl; (iv)  $P_2O_5$  e  $K_2O$  foram extraídos pelo método de Egner-Riehm, sendo o  $P_2O_5$  medido pelo método colorimétrico, enquanto o  $K_2O$  foi medido com um fotómetro de chama; (vi) Mg e Mn foram medidos por espectrometria de absorção atómica.

A humidade gravimétrica do solo foi determinada nos pontos de amostragem a duas profundidades (0-0,20m e 0,20-0,40m), em cinco momentos: no final do Outono (Dezembro de 2015), no final do Inverno (Março de 2016), e mensalmente durante a Primavera (Abril, Maio e Junho). Na recolha foi utilizada uma sonda meia-cana e um maço. As amostras de solo foram transportadas para o laboratório em caixas metálicas, pesadas e desidratadas a 105°C durante 48h. Depois de arrefecerem, foram novamente sujeitas a pesagem.

Nos mesmos cinco momentos procedeu-se à determinação da temperatura da superfície da pastagem por termografia de infravermelhos com uma câmara “ThermaCAM™”. As imagens térmicas foram analisadas com o programa “ResearchIR® 3.0” e exportadas para uma folha de cálculo onde a informação foi processada para determinar a média e o desvio padrão da temperatura de cada imagem de infravermelhos recolhida.

## 2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

A análise estatística dos resultados incluiu a análise descritiva com o cálculo da média, do desvio padrão, do coeficiente de variação e do intervalo de variação de cada conjunto de dados. Os procedimentos estatísticos foram realizados com o programa “MSTAT-C”, com um nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ). Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) e foi utilizado o teste de Fischer (“LSD- least square differences”) para determinar diferenças significativas entre médias nas duas condições de ensaio (fora da copa e debaixo da copa).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 VARIABILIDADE ESPACIAL DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O Quadro 1 resume os resultados da estatística descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação e intervalo de variação) das propriedades do solo no conjunto dos vinte e quatro pontos de amostragem.

Quadro 1- Estatística descritiva das propriedades do solo em Outubro de 2015, no conjunto dos vinte e quatro pontos de amostragem.

Parâmetros do solo	Média ± DP	CV (%)	Intervalo de variação
<u>0-0,30m</u>			
<i>Areia grossa</i> , %	48,4±2,6	5,3	[44,0-54,8]
<i>Areia fina</i> , %	32,2±2,0	6,3	[29,4-36,7]
<i>Limo</i> , %	9,7±2,5	26,2	[0,7-13,0]
<i>Argila</i> , %	9,7±2,7	27,4	[6,7-20,5]
<i>MO</i> , %	2,4±0,8	33,7	[1,1-4,0]
<i>pH</i>	5,4±0,3	6,0	[4,9-6,2]

Parâmetros do solo	Média ± DP	CV (%)	Intervalo de variação
<i>Nt</i> , %	0,12±0,04	35,1	[0,06-0,21]
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i> , mg kg <sup>-1</sup>	92,9±62,4	67,1	[26,0-343,0]
<i>K<sub>2</sub>O</i> , mg kg <sup>-1</sup>	269,9±135,9	50,3	[94,0-540,0]
<i>Mg</i> , mg kg <sup>-1</sup>	95,6,0±43,7	45,7	[20,0-180,0]
<i>Mn</i> , mg kg <sup>-1</sup>	14,0±6,3	45,3	[6,2-29,5]
<b>0-0,20m</b>			
<i>Humidade</i> , %			
21/12/2015	7,3±3,4	47,0	[4,3-18,7]
15/03/2016	9,1±2,8	30,7	[5,4-17,7]
28/04/2016	12,6±2,4	19,1	[7,2-16,9]
25/05/2016	9,4±2,3	24,9	[5,4-14,9]
16/06/2016	5,2±1,5	28,8	[2,2-8,1]
<b>0,20-0,40m</b>			
<i>Humidade</i> , %			
21/12/2015	6,8±2,6	38,0	[3,2-11,9]
15/03/2016	12,9±5,5	42,5	[6,0-24,0]
28/04/2016	9,8±1,7	16,9	[7,0-12,4]
25/05/2016	10,0±1,6	15,9	[6,7-13,0]
16/06/2016	4,2±1,5	36,6	[2,2-7,6]
<i>Temperatura</i> , °C			
21/12/2015	10,0±1,2	11,6	[8,3-12,8]
15/03/2016	10,9±1,0	9,3	[9,2-13,3]
28/04/2016	14,0±1,7	12,2	[11,5-17,7]
25/05/2016	15,3±1,5	9,5	[13,1-19,8]
16/06/2016	16,1±1,8	11,0	[11,4-19,4]

DP- Desvio padrão; CV- Coeficiente de variação; MO- Matéria orgânica.

O solo apresenta as seguintes características médias: textura franco-arenosa (teor de argila de  $9,7 \pm 2,7\%$ ); com pH ácido ( $5,4 \pm 0,3$ ); rico em potássio ( $269,9 \pm 135,9$  mg kg<sup>-1</sup>); com teores médios de matéria orgânica ( $2,4 \pm 0,8\%$ ), de magnésio ( $95,6 \pm 43,7$  mg kg<sup>-1</sup>) e fósforo ( $92,6 \pm 62,4$  mg kg<sup>-1</sup>); pobre em azoto ( $0,12 \pm 0,04\%$ ). De acordo com Guevara-Escobar *et al.* (2007), os solos de pastagens pastoreadas tendem a acidificar em consequência da lixiviação de nitratos e acumulação de MO. No caso concreto desta parcela, os baixos valores médios do pH do solo e a relação Mg/Mn podem condicionar a disponibilidade de alguns nutrientes para as plantas e a produtividade e qualidade da pastagem, pelo que se recomenda a correcção da acidez com aplicação de calcário dolomítico. Este correctivo da acidez do solo fornece ainda cálcio (Ca) e Mg, o que pode ajudar a neutralizar um potencial efeito fitotóxico do Mn muito comum neste tipo de solos em resultado do desequilíbrio Mg/Mn, quer na solução do solo quer na concentração dos dois iões na parte aérea da planta (Carvalho *et al.*, 2015).

O CV de algumas propriedades do solo é elevado, especialmente do P, Mn, K, Mg, N e MO (CV espacial > 30%). Outros, como os teores de argila e limo são moderadamente

variáveis (CV espacial entre 15-30%). A areia grossa e fina, o pH e a temperatura apresentam uma reduzida variabilidade (CV espacial inferior a 15%). A humidade apresenta CV que variam entre 15 e 47%, dependendo da data da determinação e da profundidade. Outros autores documentaram esta variabilidade do solo em estudos envolvendo o ecossistema solo-pastagem-árvores-animais. Mallarino e Wittry (2004), em ensaios de campo com pastagens pastoreadas em condições de solo semelhantes também registaram maiores CV para o fósforo e menores para o pH, com valores intermédios no caso do K e da MO. Os resultados obtidos por Serrano *et al.* (2013) noutra ecossistema de *montado* na mesma região evidenciaram CV mais elevados no caso do N (> 80%), seguido da humidade e dos teores de fósforo (CV entre 30-50%), apresentando a MO e o K valores intermédios (CV < 20%), enquanto os teores de argila e o pH apresentaram grande estabilidade (CV < 10%). Bernardi *et al.* (2016) registaram CV mais elevados nos macronutrientes principais (P, K e N, todos com CV > 30%), intermédios no caso da MO (CV entre 10-20%) e baixos no caso do pH e dos teores de argila (< 10%).

O acentuado grau de variabilidade espacial revelada pelas propriedades do solo analisadas neste estudo reflecte o elevado potencial para gestão diferenciada (Bernardi *et al.*, 2016).

Após a correcção do solo, é fundamental integrar os restantes componentes deste ecossistema de *montado*: o animal (ao nível do encabeçamento); a pastagem, com a possibilidade de sementeira diferenciada de espécies, para repor o equilíbrio da pastagem biodiversa; e a árvore (com a identificação dos padrões de repovoamento mais adequados).

### 3.2 PROPRIEDADES DO SOLO: DEBAIXO DA COPA VERSUS FORA DA COPA DAS ÁRVORES

O Quadro 2 apresenta a média e o desvio padrão das propriedades do solo e a probabilidade de diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as duas situações em estudo: debaixo da copa das árvores (DCA) e fora da copa das árvores (FCA). O solo debaixo da copa das árvores apresentou níveis mais altos de matéria orgânica (MO), N, P, K e Mg. Não se verificaram diferenças significativas na textura, no pH e no Mn.

Poucos estudos descreveram as propriedades dos solos em sistemas silvo-pastoris e nenhum evidenciou diferenças na textura. Tal como neste estudo, também Benavides *et al.* (2009) não encontraram diferenças significativas na textura e nas propriedades físicas do solo na comparação debaixo das árvores *versus* fora da copa das árvores. O efeito positivo das árvores sobre a MO, o N, o P e o K foi também registado por

Marcos *et al.* (2007). McCormick *et al.* (2009) concluíram que a deposição heterogênea de dejectos pelos animais em pastoreio constitui a principal causa de variabilidade dos nutrientes no solo.

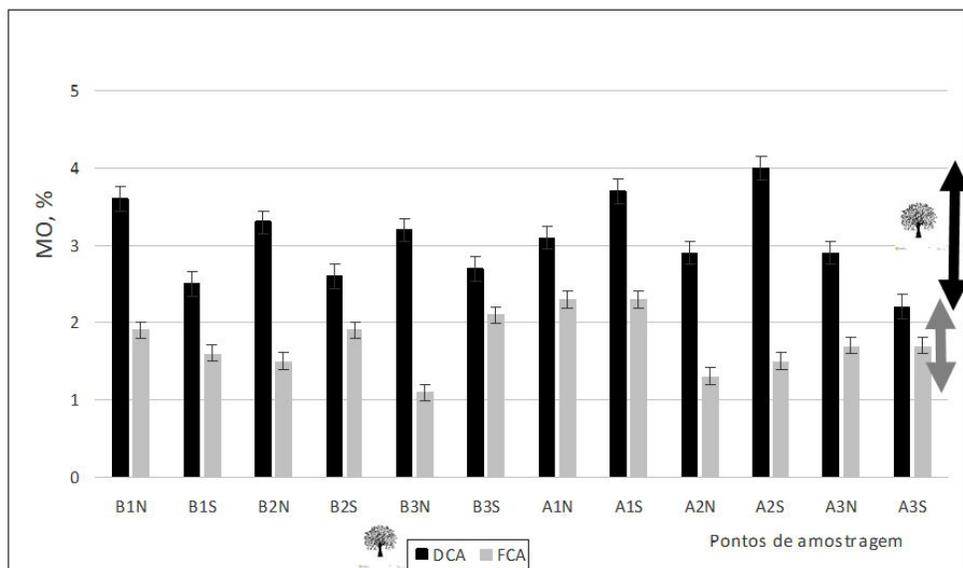
A Figura 3 ilustra o claro efeito, positivo e sistemático em todos os pontos de amostragem, das árvores e do pastoreio animal sobre os teores de MO da camada superficial do solo.

Quadro 2- Média  $\pm$  desvio padrão (DP) dos parâmetros do solo e probabilidade de diferenças significativas entre as duas situações em estudo: debaixo da copa das árvores (DCA) e fora da copa das árvores (FCA).

Parâmetros do solo	DCA	FCA	Probabilidade
<u>0-0,30m</u>			
Areia grossa, %	49,0 $\pm$ 2,4	47,8 $\pm$ 2,6	ns
Areia fina, %	31,8 $\pm$ 1,5	32,6 $\pm$ 2,4	ns
Limo, %	9,8 $\pm$ 1,5	9,5 $\pm$ 3,3	ns
Argila, %	9,4 $\pm$ 1,0	10,1 $\pm$ 3,7	ns
MO, %	3,1 $\pm$ 0,5	1,7 $\pm$ 0,4	0,0000
pH	5,4 $\pm$ 0,4	5,3 $\pm$ 0,2	ns
Nt, %	0,16 $\pm$ 0,03	0,09 $\pm$ 0,03	0,0001
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg kg <sup>-1</sup>	117,7 $\pm$ 77,0	68,2 $\pm$ 29,5	0,0471
K <sub>2</sub> O, mg kg <sup>-1</sup>	359,3 $\pm$ 112,8	180,5 $\pm$ 91,9	0,0012
Mg, mg kg <sup>-1</sup>	115,0 $\pm$ 38,8	76,3 $\pm$ 40,9	0,0493
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	16,2 $\pm$ 7,0	11,8 $\pm$ 4,9	ns
<u>0-0,20m</u>			
Humidade, %			
21/12/2015	5,3 $\pm$ 0,9	8,8 $\pm$ 3,9	0,0000
15/03/2016	8,9 $\pm$ 2,7	9,4 $\pm$ 3,0	ns
28/04/2016	13,5 $\pm$ 2,3	11,6 $\pm$ 2,1	0,0000
25/05/2016	10,8 $\pm$ 2,2	8,0 $\pm$ 1,5	0,0001
16/06/2016	5,8 $\pm$ 1,1	4,6 $\pm$ 1,6	0,0000
<u>0,20-0,40m</u>			
Humidade, %			
21/12/2015	5,3 $\pm$ 1,9	8,2 $\pm$ 2,4	0,0000
15/03/2016	12,1 $\pm$ 6,3	13,6 $\pm$ 4,7	0,0008
28/04/2016	9,0 $\pm$ 1,5	10,6 $\pm$ 1,4	0,0000
25/05/2016	10,5 $\pm$ 1,0	9,6 $\pm$ 2,0	0,0005
16/06/2016	5,3 $\pm$ 1,4	3,2 $\pm$ 0,9	0,0000
Temperatura, °C			
21/12/2015	9,2 $\pm$ 0,7	10,7 $\pm$ 1,1	0,0000
15/03/2016	10,3 $\pm$ 0,9	11,5 $\pm$ 0,8	0,0011
28/04/2016	13,2 $\pm$ 0,8	14,9 $\pm$ 2,0	0,0108
25/05/2016	14,7 $\pm$ 0,9	15,9 $\pm$ 1,7	0,0165
16/06/2016	16,6 $\pm$ 1,4	15,7 $\pm$ 2,0	ns

MO- Matéria orgânica; Probabilidade- Probabilidade de diferenças significativas (p<0,05%); ns- Diferenças não significativas.

Figura 3- Teores de matéria orgânica (MO) na camada superficial do solo, nas duas situações de ensaio: debaixo da copa das árvores (DCA) e fora da copa das árvores (FCA).



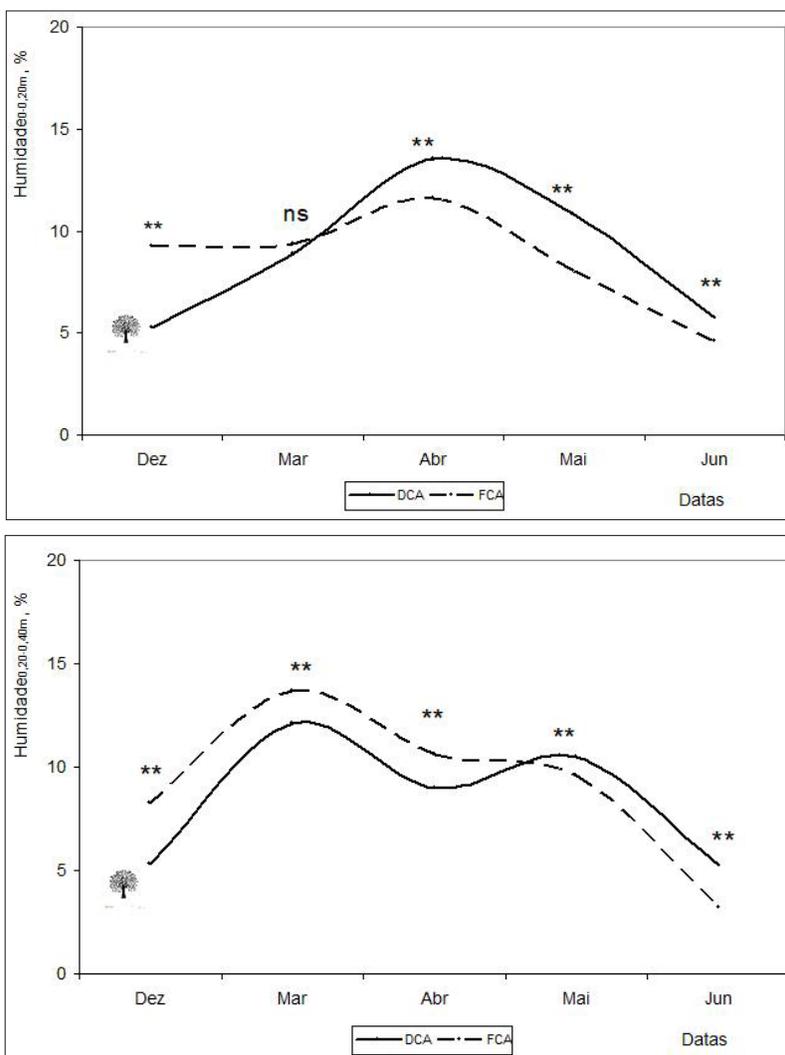
Vários autores reportaram o efeito positivo das árvores sobre a fertilidade do solo, sobre a capacidade de retenção de água e sobre a produtividade da pastagem (Jackson e Ash, 1998; Marcos *et al.*, 2007; Benavides *et al.*, 2009; Howlett *et al.*, 2011). Para Marcos *et al.* (2007) o balanço da interação entre árvores e pastagem é positivo em termos de fertilidade do solo e microclima, mas negativo em termos de luz, água e nutrientes. Benavides *et al.* (2009) justificaram a maior concentração de nutrientes debaixo da copa das árvores como resultado da absorção de nutrientes pelas raízes das árvores em camadas profundas do solo e a sua incorporação nas camadas superficiais pela queda das folhas. Esta melhoria da qualidade do solo, aumentando os teores de MO e de N, contribui para o sequestro de carbono atmosférico (C) no ecossistema devido ao armazenamento a longo prazo de grandes quantidades de C em biomassa, especialmente nos sistemas radiculares profundos (Benavides *et al.*, 2009; Gómez-Rey *et al.*, 2012). Somarriba (1988) acrescentou ainda o importante papel das excreções dos animais em pastoreio na melhoria da qualidade do solo debaixo das árvores, em resultado da atracção dos animais em resposta a condições ambientais particulares proporcionadas pela copa das árvores.

A Figura 4 mostra o comportamento da humidade do solo entre Dezembro de 2015 e Junho de 2016 a duas profundidades (0-0,20m e 0,20-0,40m).

A humidade do solo foi mais elevada fora da copa das árvores durante o Inverno, invertendo-se este comportamento a partir da Primavera, quando a temperatura

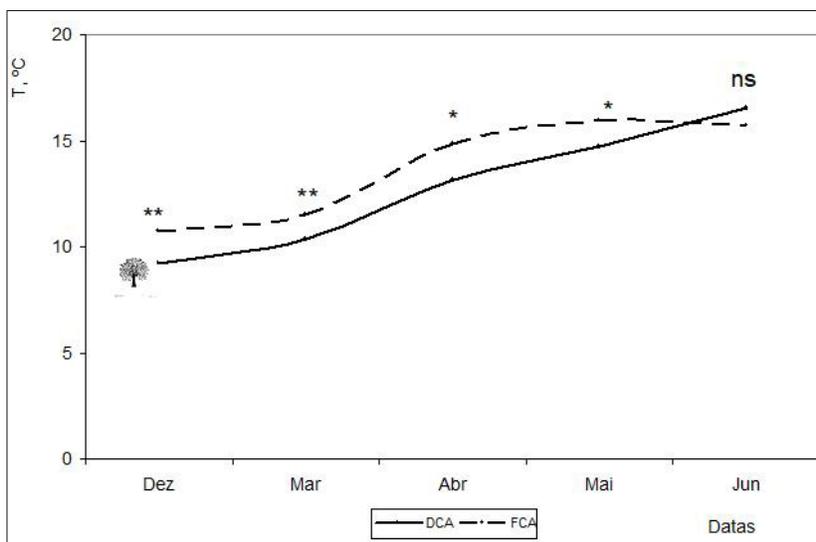
atmosférica normalmente aumenta e a precipitação diminui, acontecendo esta inversão mais cedo à superfície do que a maior profundidade (a partir de Abril na camada de solo de 0-0,20m e a partir de Maio na camada de solo de 0,20-0,40m). Este comportamento reflecte o efeito da copa: quando chove, a copa funciona como uma barreira à penetração da precipitação; quando a temperatura começa a aumentar, a copa actua como uma estrutura de protecção e de sombra para a pastagem, diminuindo a evapotranspiração das plantas e ajudando a manter elevados teores de humidade na zona debaixo da copa das árvores (Guevara-Escobar *et al.*, 2007; Benavides *et al.*, 2009).

Figura 4- Humidade do solo debaixo e fora da copa das árvores (DCA e FCA, respectivamente) entre Dezembro de 2015 e Junho de 2016 a duas profundidades (0-0,20m em cima e 0,20-0,40m em baixo); \*\* - Diferenças significativas,  $p < 0,01$ .



A Figura 5 mostra o comportamento da temperatura da superfície da pastagem entre Dezembro de 2015 e Junho de 2016, medida pela câmara de infravermelhos. Tal como seria de prever em face da exposição solar, a temperatura foi mais elevada fora do que debaixo da copa das árvores no Inverno e na Primavera. Este pode ser um factor determinante da produtividade da pastagem, uma vez que a maior exposição solar das plantas no período de crescimento preferencial da pastagem (Primavera) garante maior taxa de fotossíntese.

Figura 5- Temperatura da superfície da pastagem debaixo e fora da copa das árvores (DCA e FCA, respectivamente) entre Dezembro de 2015 e Junho de 2016; \*\*- Diferenças significativas,  $p < 0,01$ ; \*- Diferenças significativas,  $p < 0,05$ ; ns- Diferenças não significativas.



Em resumo, os efeitos negativos das árvores (competição) em termos de transpiração, interceptação da precipitação e da luz solar podem ser compensados pelos efeitos positivos em termos de microclima, uma vez que aumentam a fertilidade do solo e a capacidade de retenção e infiltração de água (Marcos *et al.*, 2007). A vantagem da mistura de espécies, neste caso do *montado*, de árvores e pastagens, está na complementaridade dos sistemas radiculares na ocupação do solo e na utilização da humidade (Pollock *et al.*, 2009). Será interessante conciliar este conhecimento do efeito das árvores e dos animais em pastoreio sobre as características do solo com o efeito sobre a produtividade e qualidade da pastagem.

#### 4 CONCLUSÕES

O *montado* é um ecossistema constituído pelo solo, as árvores, pastagens e animais em pastoreio. A sua sustentabilidade exige o conhecimento das interações entre

os diferentes elementos que o constituem. A optimização dos sistemas agro-florestais pela escolha da densidade e distribuição espacial das árvores é, no entanto, um processo complexo e demorado, requerendo estudos práticos. Este trabalho demonstra a influência das azinheiras (*Quercus ilex ssp. rotundifolia* Lam.) e dos animais em pastoreio sobre a fertilidade do solo do ecossistema Mediterrânico de *montado*. O solo debaixo da copa das árvores apresentou níveis significativamente mais elevados de matéria orgânica, N, P, K e Mg. Contribuem para esta maior fertilidade do solo a queda de folhas e de bolotas, a maior densidade de raízes e a acumulação de dejectos dos animais que encontram nas sombras das árvores zonas privilegiadas de descanso. O conhecimento sobre o efeito das árvores no solo pode constituir um contributo importante no apoio à tomada de decisão do gestor agrícola na definição das estratégias de gestão mais adequadas (rotação do pastoreio, fertilização/correção do solo ou previsão da produtividade da pastagem). Numa perspectiva holística, interessa avaliar como é que esta variabilidade da fertilidade do solo por efeito das árvores e dos animais, conjugado com aspectos relacionados com a exposição solar, a temperatura ou a humidade do solo, condicionam a produtividade e a qualidade da pastagem.

## 5 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do Projecto UIDB/05183/2020 e pelos projectos PDR2020–101-FEADER-032167, PDR2020–101-030693 e PDR2020–101-031244 (“Programa 1.0.1-Grupos Operacionais”).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benavides, R.; Douglas, G.B. e Osoro, K. (2009) - Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry Systems*, vol. 76, p. 327–350.

Bernardi, A.C.C.; Bettiol, G.M.; Ferreira, R.P.; Santos, K.E.L.; Rabello, L.M. e Inamasu, R.Y. (2016) - Spatial variability of soil properties and yield of a grazed alfalfa pasture in Brazil. *Precision Agriculture*, vol. 17, n. 6, p. 737–752.

Carvalho, M.; Goss, M.J. e Teixeira, D. (2015) - Manganese toxicity in Portuguese Cambisols derived from granitic rocks: causes, limitations of soil analyses and possible solutions. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 38, n. 4, p. 518–527.

David, T.S.; Pinto, C.A.; Nadezhdina, N.; Kurz-Besson, C.; Henriques, M.O.; Quilhó, T.; Cermak, J.; Chaves, M.M.; Pereira, J.S. e David, J.S. (2013) - Root functioning, tree water use and hydraulic redistribution in *Quercus suber* trees: A modeling approach based on root sap flow. *Forest Ecology and Management*, vol. 307, p. 136–146.

Efe Serrano, J. (2006) - *Pastagens do Alentejo: bases técnicas sobre caracterização, pastoreio e melhoria*. Universidade de Évora – ICAM (Ed.), Évora, Portugal: Gráfica Eborense, p. 165–178.

Egner, H.; Riehm, H. e Domingo, W.R. (1960) - Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoff-zustandes der Boden. II. K. *Lantbrhogsk. Annlr*, vol. 20, p. 199–216. (in German).

FAO (2006) - World reference base for soil resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Soil Resources Reports N ° 103, Rome, Italy.

Gómez -Rey, M.X.; Garcês, A. e Madeira, M. (2012) - Soil organic-C accumulation and N availability under improved pastures established in Mediterranean oak woodlands. *Soil Use and Management*, vol. 28, p. 497–507.

Guevara-Escobar, A.; Kemp, P.D.; Mackay, A.D. e Hodgson, J. (2007) - Pasture production and composition under poplar in a hill environment in New Zealand. *Agroforestry Systems*, v. 69, n. 3, p. 199–213.

Howlett, D.S.; Moreno, G.; Losada, M.R.; Nair, P.K.R. e Nair, V.D. (2011) - Soil carbon storage as influenced by tree cover in the dehesa cork oak silvopasture of central-western Spain. *Journal Environmental Monitoring*, vol. 13, p. 1897–1904.

Jackson, J. e Ash, A.J. (1998) - Tree-grass relationships in open eucalypt woodlands of northeastern Australia: influence of trees on pasture productivity, forage quality and species distribution. *Agroforestry Systems*, v. 40, n. 2, p. 159–176.

Mallarino, A.P. e Wittry, D.J. (2004) - Efficacy of grid and zone soil sampling approaches for site-specific assessment of phosphorus, potassium, pH, and organic matter. *Precision Agriculture*, vol. 5, p. 131–144.

Marcos, G.M.; Obrador, J.J.; Garcia, E.; Cubera, E.; Montero, M.J.; Pulido, F. e Dupraz, C. (2007) - Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management practices. *Agroforestry Systems*, vol. 70, p. 25–40.

McCormick, S.; Jordan, C. e Bailey, J. (2009) - Within and between field spatial variation in soil phosphorus in permanent grassland. *Precision Agriculture*, vol. 10, p. 262–276.

Paço, T.A.; David, T. S.; Henriques, M.O.; Pereira, J.S.; Valente, F.; Banza, J.; Pereira, F.L.; Pinto, C. e David, J.S. (2009) - Evapotranspiration from a Mediterranean evergreen oak savannah: The role of trees and pasture. *Journal of Hydrology*, vol. 369, p. 98–106.

Pollock, K.M.; Mead, D.J. e McKenzie, B.A. (2009) - Soil moisture and water use by pastures and silvopastures in a sub-humid temperate climate in New Zealand. *Agroforestry Systems*, vol. 75, n. 3, p. 223–238.

Schellberg, J.; Hill, M.J.; Roland., G.; Rothmund, M. e Braun, M. (2008) - Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints. *European Journal of Agronomy*, vol. 29, n. 2-3, p. 59–71.

Seddaui, G.; Porcua, G.; Ledda, L.; Roggero, P.P.; Agnelli, A. e Cortic, G. (2013) - Soil organic matter content and composition as influenced by soil management in a semi-arid Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 167, p. 1–11.

Serrano, J.; Shahidian, S. e Marques da Silva, J. (2013) - Small scale soil variation and its effect on pasture yield in southern Portugal. *Geoderma*, vol. 195-196, p. 173–183.

Somarriba, E. (1988) - Pasture growth and floristic composition under the shade of guava (*Psidium guajava* L.) trees in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, vol. 6, p. 153–162.

## CAPÍTULO 3

### MUCUNA PRURIENS L, DC. VAR. UTILIS (WALL. EX WIGHT), BAKER EX BURCK, 1893. UNA OPCIÓN PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE SACCHARUM SPP<sup>1</sup>

Data de aceite: 11/11/2021

**Fabrizio Rossi**  
Prof. FZEA. Pirassununga  
Brasil

**Armando Álvarez**  
Inv. AZCUBA  
Cuba

**Roberto A. Arévalo**  
Inv. ESCR-Piracicaba  
Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4666133035562910>

**Edmilson J. Ambrosano**  
Inv. APTA Pólo Centro Sul Piracicaba  
Brasil

**Edna I. Bertoncini**  
Inv. APTA Pólo Centro Sul Piracicaba  
Brasil

**Lourdes U. Arévalo**  
Prof. CIEP. Americana  
Brasil

**Sergio S. García**  
Prof. COLPOS, Campus Tabasco  
México

**Yaniuska González**  
Prof. FAM. Guantánamo  
Cuba

**RESUMEN:** En la América Latina y el Caribe existe confusión con la mucuna o pica-pica, de la cual se reportan entre 100 y 235 especies, con numerosas variedades. Se confirma que la especie cultivada es MUCPR-Mucuna pruriens (L.) DC. *var utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck, 1893, y se presentan más de 40 sinónimos, por sus características vegetales y por el color de sus semillas. La mucuna puede ser un valioso aliado para el productor de caña que quiera trabajar de manera sostenible, debido a sus características como productora de polen para abejas, como abono verde (hasta 250 kg de nitrógeno *ha*), como cobertura y como repelente (evita las malezas y potras plagas por 100 días, debido a la presencia de L-3- 4-dihydroxyphenilalanina). Se describe su morfología y agrotecnia. Puede ser sembrada antes o después de la caña. Crece bien hasta los 2 100 m de altitud, con sol, a temperaturas entre 19 y 27 °C y lluvias entre 1 000 y 2 500 mm por año. Prefiere suelos normales, pero puede adaptarse a suelos ácidos y poco fértiles. Resiste sequías, pero no heladas ni encharcamientos. Estas condiciones son muy similares a las existentes en Cuba.

<sup>1</sup> Este artículo foi publicado: Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba ISSN 0138-7553 No.3/2014, páginas 39-42.

**PALABRAS CLAVE:** Caña de azúcar. Mucuna. Agricultura sostenible. Cobertura de plantas. Abono verde. Manejo de plagas.

## MUCUNA PRURIENS L, DC.VAR.UTILIS (WALL.EX WIGHT), BAKER EX BURCK, 1893. AND OPTION FOR SUSTENTABEL MANAGEMENT THE SACCHARUM SPP

**ABSTRACT:** In Latin America and the Caribbean there is confusion with Mucuna or Pica-Pica, of which between 100 and 235 species with numerous varieties are reported. It is herein confirmed that the species MUCPR-Mucuna pruriens (L.) DC. var *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck, 1893, is the one cultivated and its more than 40 synonyms by virtue of plant characteristics and colour of the seeds are presented. Mucuna can be a valuable ally of the sugar cane grower who wants to work sustainably given its characteristics as a pollen producer for honeybees, a source of green manure (up to 250 kg of nitrogen per hectare), a cover crop and a repellent (it prevents weeds and pests for 100 days thanks to the presence of L-3-4-dihydroxyphenylalanine). Its morphology and agro-technical requirements are described. Mucuna may be planted before or after sugar cane; it grows well up to a height of 2100 m, with plenty of sunlight, at temperatures between 19 °C and 27 °C and a yearly rainfall between 1000 and 2500 mm. It prefers standard soils but can adapt itself to acid, low fertility soils. It can withstand drought but neither frosts nor water pooling.

**KEYWORDS:** Sugar cane. Mucuna. Sustainable agriculture. Cover crops. Green manure. Pest control.

### 1 INTRODUCCIÓN

Hablar de pica-pica, para el productor cañero en Cuba, es algo que aterroriza, por la picazón insoportable que ocasiona al machetero, al operador de cosechadora y a toda persona que trabaje en la zafra.

Cada año, en el mundo de la caña de azúcar, se gastan miles de litros de 2,4-D para su control, casi siempre, en aplicaciones aéreas. En ocasiones, inclusive, hay que quemar el cañaveral para cosecharlo, sobre todo en las cepas de ciclo largo o “quedadas”.

En momentos en que muchos de los suelos agrícolas están erosionados o se han ido degradando por diferentes causas, cuando los fertilizantes tienen cada vez un costo más alto, por los incrementos del precio del petróleo, y cuando el control de malezas en presiembrado debe recurrir a herbicidas costosos y con efectos residuales o secundarios, muchas veces imprevisibles, la mucuna puede ser un valioso aliado para el productor de caña que quiera trabajar de manera sostenible y con pocos gastos en insumos.

Muchas mucunas no tienen espinas ni son urticantes. La más conocida en Cuba es la pica-pica “mansa”, de la que hay varias especies muy parecidas entre sí que, a veces e indistintamente, el campesino nombra como frijol terciopelo, nescafé o dolicho, y canavalia. Aunque se parezcan mucho, hay una característica que diferencia claramente las “mansas” de las que “pican”: la presencia de pelos urticantes, sobre todo en las vainas de los frutos.

Esta planta puede ayudar extraordinariamente en el control de las malezas establecidas, como la jiribilla o el don Carlos, partiendo de hacer una buena roturación en los meses poco lluviosos, al terminar la cosecha y, al comenzar las lluvias en mayo, sembrar mucuna mansa. Unos 45-60 días después, a finales de junio o principios de julio, antes que semille, se incorpora al suelo con otra aradura o pase de grada pesada. Así, se puede incorporar entre 30 y 60 t de masa verde fresca y hasta 200 a 250 kg de nitrógeno por hectárea, sin contaminar al manto freático con nitratos y nitritos, aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo, evitar la erosión, conservar la humedad y con un costo muy inferior al del fertilizante comercial equivalente.

Con estas posibilidades, y diferenciada la que pica de la mansa, la mucuna puede convertir un enemigo en un aliado del productor de caña y ayudar al manejo sostenible de este cultivo.

## 2 ALGUNAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES

La diagnosis original del género *Mucuna* fue establecida por Adanson O. Adans. El nombre deriva del Tupi-Guarani, *mucunã*. Para el género *Mucuna*, son citadas alrededor de 100 especies, de las cuales 18 están en China. De éstas, 9 son endémicas de ese país. El resto tiene su origen en La India. El USDA (2012) distingue solamente 57 especies. EL ILDIS (2010) distingue 235, de las cuales son aceptadas 82. El resto son sinónimos. El ICBN, International Code of Botanical Nomenclature (2005) reconoce *Mucuna adans.*, 1763. y *Mucuna urens* (L.) DC. 1825, como especie *Typus*.

La especie *MUCPR-Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis* (Wall ex Wight) Baker ex Burck, es la única cultivada y tiene gran importancia en la agricultura sostenible como:

1. Productora de polen para abejas,
2. En la conservación y mejoramiento de suelos (abono verde),
3. Fijadora de nitrógeno atmosférico en el suelo por *Rhizobium meliloti*,
4. Cobertura para manejo de malezas y otras plagas de la agricultura,
5. Alimento humano y animal,
6. Uso ornamental,
7. Uso medicinal, como fuente de L-dopa, contra el mal de Parkinson y
8. Se le atribuyen también propiedades afrodisíacas.

La *MUCPR* es cultivada en África, Asia, América Latina, EE.UU. y El Caribe (Pier 2010). El USDA (2012) cita a la *Mucuna pruriens* (L.) DC (*velvet bean*) como cultivada para cobertura en los estados de Florida, Carolina del Sur y Carolina del Norte, y en Puerto Rico. Su alta producción de fitomasa en cultivo de cobertura tiene gran importancia

también para manejar plagas de insectos y nematodos, entre otros. Además, enriquece y protege el suelo. La cobertura de *MUCPR* limpia el suelo de plagas por alrededor de 100 días, debido a la presencia del producto químico L-dopa o L-3-4-dihydroxyphenilalanino (Tomita-Yokotyami *et al.*), mientras se cierra el cultivo.

En los centros de enseñanza superior y de investigaciones de América Latina y El Caribe, se designa a las leguminosas por el color de sus semillas (frijoles), lo que ha contribuido a una verdadera confusión con la *MUCPR* que tiene, por lo menos, 8 colores diferentes de semilla: blanco, blanco-sucio, amarillo, negro, jaspeado o moteado, gris, marrón, café y verde (CATIE 1999). Este trabajo tiene como objetivo, también, contribuir a esclarecer esas diferencias.

### 3 MORFOLOGÍA

Los estudios morfológicos de 8 posibles especies de *mucuna* mostraron las mismas características (Arévalo R.A. y Bertoncini E.I. 2008), lo que significa que se trata de una única especie.

Desde el punto de vista morfológico, la planta de *MUCPR* es un arbusto decumbente que se caracteriza por:

**Raíz:** Axonomorfa, asociada con la bacteria *Sinorhizobium melloti*, fijadora de nitrógeno atmosférico en el suelo, en cantidades de 50-210 *kg ha* por ciclo.

**Tallo:** Tipo bejuco, *dextrorsum voluble*, o no, que trepa en las copas de los árboles o en las plantas de caña, en busca de luz.

**Nomofilos:** 3-foliados, compuestos, con estípulas, peciolada de + 20 *cm* de longitud x 3 a 4 *mm* de longitud y filotaxis alterna.

**Flores:** Zigomorfas, dialipétalas, pentámeras. La corola blanca o púrpura, con un pétalo mayor, vexilo, dos laterales, las alas y dos pétalos inferiores concrecentes, la quilla, que encierra los órganos sexuales.

#### Órganos sexuales

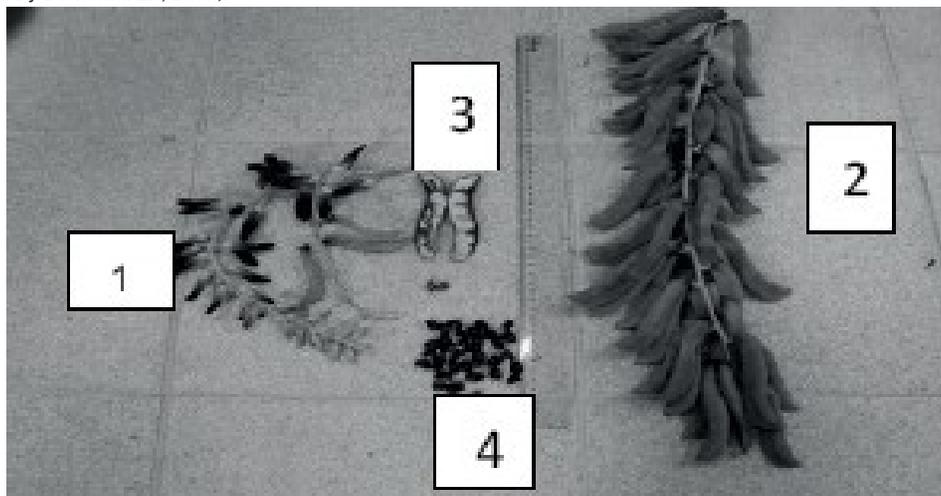
a) **Androceo:** 10 estambres diadelfos, con 9 concrecentes por el filamento y 1 separado, independiente.

b) **Gineceo:** 1-carpelar, ovario súpero, con numerosos rudimentos seminales, marginales.

**Fruto:** Legumbre, seco dehiscente, con 3-7 semillas. Cada racimo puede tener 30-45 frutos (Fig. 1), cuya madurez ocurre 2-3 meses después de la floración.

**Semilla:** Exalbuminosa (sin tejido nutritivo). Las reservas nutritivas se acumulan en los dos cotiledones del embrión.

Fig.1. Parte reprodutiva de MUCPR-*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis* (Wall. Ex Wight) Baker ex Burck (Arévalo R.A. y Bertoncini E.I., 2008).



1. Inflorescencia racimosa, crecimiento de fores acropetas.
2. Racimo de infrutescencia con legumbres no maduras con semillas.
3. Legumbre abierta que muestra las semillas inmaduras rojas.
4. Grupo de semillas negras, algunas muestran el rafe sobresaliente en blanco.

#### 4 SINÓNIMOS (GRIN)

Los *Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck tienen 26 sinónimos citados en USDA (2012), que son: **1.** *Carpopogon capitatus* Roxb, **2.** *Carpopogon niveum* Roxb, **3.** *Macranthus cochinchinensis* Lour, **4.** *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, con 3 acepciones: *mucuna negra* o *mucuna preta*; *Mucuna capitata* (Roxb.) Wight & Arn. y *Mucuna cochinchinensis* (Lour), **5.** A. Chev., con 1 acepción: *Mucuna deeringiana* (Bort), **6.** Merr. con 21 acepciones, **7.** *Mucuna nivea* (L.) DC. (*mucuna ceniza* o *mucuna-cinza*), **8.** *Mucuna pachylobia* (Piper & Tracy) Rock, **9.** *Mucuna pruriens* var. *biflora* Triman, **10.** *Mucuna utilis* Wall. ex Wight, con 5 acepciones, **11.** *Mucuna velutina* Hassk. (con 7 acepciones), **12.** *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, con 44 acepciones, **13.** *Stizolobium capitatum* (Roxb.) Kuntze, con 15 acepciones, **14.** *Stizolobium cinereum* Piper & Tracy, con 9 acepciones, **15.** *Stizolobium deeringianum* Bort, con 36 acepciones, **16.** *Stizolobium hasjoo* Piper & Tracy, con 2 acepciones, **17.** *Stizolobium microspermum* Piper, con 1 acepción, **18.** *Stizolobium niveum* (Roxb.) Kuntze, con 17 acepciones, **19.** *Stizolobium pachylobium* Piper & Tracy, con 7 acepciones, **20.** *Stizolobium prurimum* var. *biflorum* (Trimen) Piper, con 3 acepciones, **21.** *Stizolobium prurimum* subsp. *maculatum* Piper, con 1 acepción, **22.** *Stizolobium prurimum* subsp. *officinale* Piper, con 4 acepciones, **23.** *Stizolobium pruriens* (L.) Medik, **24.** *Stizolobium utilis* (Wall. ex Wight) Piper & Tracy, con 3 acepciones y **25.** *Stizolobium velutinum* (Hassk) Piper & Tracy, con 17 acepciones.

Los sinónimos mencionados por diversas instituciones de investigación y enseñanza de América Latina y El Caribe para MUCPR, 1893, distribuidos de acuerdo al color de la semilla, se presentan a continuación:

**Amarillo:** *Dolichos pruriens*; *Mucuna pruriens*; *Mucuna utilis*; *Pruriens stizolobium*; *Stizolobium pruriens*.

**Blanco:** *Dolichos pruriens*; *Mucuna cochinchinensis*; *Mucuna pruriens*; *Mucuna pachylobia*.

**Blanco-sucio:** *Carpopogon niveum*; *Carpopogon capitatum*; *Macranthus cochinchinensis*; *Mucuna nivea*; *Mucuna pruriens*.

**Gris:** *Mucuna capitata*; *Mucuna nivea*; *Mucuna pruriens*; *Mucuna velutina*.

**Jaspeado o moteado:** *Mucuna gigantea*; *Mucuna mucuna*; *Mucuna pruriens*.

**Negro:** *Stizolobium aterrimum*; *Stizolobium cinereum*; *Stizolobium deeringianum*.  
*Mucuna aterrima*; *Mucuna aterrimum*; *Mucuna capitatum*; *Mucuna nigri cans*;  
*Mucuna pruriens*.

**Verde:** *Mucuna deeringiana*; *Mucuna deeringianum*; *Mucuna pruriens*.

**Crecimiento limitado:** *Mucuna deeringiana*; *Mucuna deeringianum*.

## 5 AGROECOLOGÍA

La planta crece bien desde el nivel del mar hasta 2,100 m de altitud. Prefiere hábitat soleado. La temperatura óptima es de 19 a 27 °C y no tolera heladas.

Progresará mejor en un régimen lluvioso de 1,000 a 2,500 mm por año, pero puede tolerar hasta 500 mm. Prefiere suelos normales, pero se puede adaptar a suelos ácidos y de baja fertilidad que no estén encharcados.

La planta de MUCPR es un excelente protector y enriquecedor de suelos. Muy tolerante al ataque de plagas (insectos, nematodos y malezas). Es considerado el mejor limpiador de malezas en los campos, incluido *ROOEX-Rottboellia exaltata* L. f. (Arévalo R.A. y Bertoncini E.I., 2008), debido a la presencia del aleloquímico L-dopa (Tomita-Yokotyami *et al.*).

Se siembra alrededor de 20 kg de semillas por hectárea, usualmente, por voleo, en suelo recién arado y luego rastreado. También se puede sembrar en surcos, espaciados 0.90 m entre sí x 0.90 m entre plantas. Lo ideal es enterrar las semillas a 2.5 cm de profundidad, con humedad suficiente para una buena germinación, y las plántulas demoran 2 a 3 semanas para emerger.

La especie MUCPR se puede sembrar como cobertura en presiembra del cultivo principal o asociada a este. La fitomasa de la cobertura se incorpora en la superficie del

suelo, antes de que los frutos maduren, para evitar que las semillas se tornen en malezas en cultivos sucesivos, pues van germinando a medida que envejecen. Cuando se planta asociada al cultivo principal, es importante sembrarla 50 días después, para evitar que cubra las plantas del cultivo.

La taxonomía de los cultivares de *mucuna* es confusa (Canadá, 2012), en las zonas tropicales, hay por lo menos 12 cultivares, probablemente originados de numerosos cruzamientos dirigidos, pues los cruces naturales no ocurren por ser una planta autógena.

## 6 CONCLUSIONES

Del presente trabajo, se concluye que:

1. Aunque son citadas unas 100 especies de *Mucuna*, solo se cultiva la *MUCPR-Mucuna pruriens*, (L.) DC. var. *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck, 1893.
2. Las diversas especies de *mucuna* citadas en América Latina y El Caribe suelen ser sinónimos.
3. La especie de *mucuna* cultivada es importante en agricultura sostenible, para limpiar los campos de malezas y otras plagas, debido al potente alelo químico L-dopa que contiene.
4. La cobertura de *MUCPR* conserva el ambiente limpio y equilibrado y puede ser muy útil para la eliminación de especies de malezas perennes en la caña de azúcar.

## BIBLIOGRAFÍA

Adanson, M. Families des plantes. *Mucuna*. 2 Parties. Paris. Chez Vincent Libraire de Mgr le Comte de Provence, pp. 325-579, 1763.

Arévalo R.A. y E.I. Bertoncini. Manejo sostenible de malezas (matospecies) en *Saccharum* spp. Mem. Congreso nacional de la Asociación Mexicana de la Ciencia de Malezas (ASOMECEMA), XXVIII. Tapachula, Chiapas, México. CD 93-4 pp. 2008.

CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba. Costa Rica, 231 pp., 1999.

Canadá 2012. Origen y caracterización botánica del frijol terciopelo. [http://web.idrc.ca/fr/ev-31738-201-1-00\\_TOPIC.html](http://web.idrc.ca/fr/ev-31738-201-1-00_TOPIC.html)

ICBN- International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code, Electronic version), 2005. Appendix IIIA. NOMINA GENERICA.

ILDIS- International Legume Data base & Information Service 2010. *Mucuna* the-plant list. <http://www.the-plantlist.org/browse/A/Laguminosae/Mucuna>

Pier 2010, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *Fabaceae*. [http://www.hear.org/pier/species/mu-cuna\\_pruriens.html](http://www.hear.org/pier/species/mu-cuna_pruriens.html)

Tomita-Yokotyami K. y otros. Reduced allelopathic inhibition of lettuce (*Lactuca sativa* growth caused by velvet bean (*Mucuna pruriens*) under 3D-clinorotation. PMP:12897456 [PubMed-indexedfor MEDLINE: <http://www.pudmedcen-tral.nih.gov>.

USDA-United States Department of Agriculture 2012. Agriculture Research Service, Beltsville area. Germplasm Resources Information.

(GRIN) Network. Taxonomy for Plants. GRIN Species Records of *Mucuna*. Synonymous. Cover crop Plants. *Mucuna pruriens* (L) DC. <http://www.ars-grin.gov/cgi>.

Data de submissão: 01/10/2021

Data de aceite: 27/10/2021

### **Maria Isabel Patanita**

Escola Superior Agrária  
Instituto Politécnico de Beja  
R. Pedro Soares S/N, 7800-295  
Beja, Portugal  
GeoBioTec  
Nova School of Science and Technology  
Campus da Caparica, 2829-516  
Caparica, Portugal  
<https://orcid.org/0000-0002-6664-4883>

### **Alexandra Tomaz**

Escola Superior Agrária  
Instituto Politécnico de Beja  
R. Pedro Soares S/N, 7800-295  
Beja, Portugal  
GeoBioTec  
Nova School of Science and Technology  
Campus da Caparica, 2829-516  
Caparica, Portugal  
<https://orcid.org/0000-0001-9129-112X>

### **Manuel Patanita**

Escola Superior Agrária  
Instituto Politécnico de Beja  
R. Pedro Soares S/N, 7800-295  
Beja, Portugal  
GeoBioTec  
Nova School of Science and Technology  
Campus da Caparica, 2829-516  
Caparica, Portugal  
<https://orcid.org/0000-0002-2122-9950>

**RESUMO:** A biodiversidade tem um papel preponderante no fornecimento de importantíssimos serviços do ecossistema. No olival, para além dos serviços de produção (produção de azeitona e azeite), existem serviços de regulação (manutenção de habitats, controlo de pragas e doenças), serviços de suporte (formação de solo e ciclos dos nutrientes) e ainda serviços de recreio (turismo, recreação e cultura). Este trabalho tem como principais objetivos identificar e divulgar boas práticas que promovam os serviços dos ecossistemas olivícolas. O desafio que o setor oleícola tem neste momento de garantir a sua sustentabilidade passa muito pela conservação e fomento da biodiversidade neste ecossistema. A preservação e promoção dos serviços disponibilizados por este agroecossistema é um contributo importante para a sustentabilidade do território.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diversidade funcional. Economia circular. Gestão de ecossistemas.

### **OLIVE GROWING – THE CHALLENGE OF SUSTAINABILITY**

**ABSTRACT:** Biodiversity plays a major role in providing critical ecosystem services. In olive orchard, in addition to production services (olive and oil production), there are regulation services (habitat maintenance, pest and disease control), support services (soil formation and nutrient cycle), and also recreational services (tourism, recreation and culture). The main objectives of this work are

to identify and disseminate good practices that promote the ecosystems services of olive growing. The challenge that the olive sector is facing at the moment, of guaranteeing its sustainability, goes a long way towards the conservation and promotion of biodiversity in this ecosystem. The preservation and promotion of the services provided by this agroecosystem is an important contribution to the sustainability of the territory.

**KEYWORDS:** Functional biodiversity. Circular economy. Ecosystem management.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura alimenta o mundo e nós temos a obrigação e o dever de produzir mais porque a terra arável disponível é cada vez menor em relação ao aumento populacional, sendo por isso obrigatório que sejamos mais eficientes e consigamos produzir mais, gastando menos fatores de produção. Também as necessidades de calorias *per capita* por tipo de alimento são cada vez maiores e por isso há necessidade de produzir mais e melhor (Bellido, 2015; Reis, 2014) e com a mesma segurança que o consumidor exige e está habituado. Mas, sem ciência, inovação e tecnologia, a agricultura não poderá cumprir a sua missão.

O regadio abriu uma janela de oportunidade para que o rendimento do olival fosse maior em Portugal. Surgiram os olivais modernos de regadio, aumentando a produção de azeite, ao ponto de permitir que Portugal passasse rapidamente de país deficitário, para exportador líquido. Pretende-se que esta seja uma evolução sustentável, pelo que os sistemas de produção devem perdurar no tempo e no espaço, garantindo um rendimento interessante aos olivicultores, qualidade de vida aos trabalhadores e populações, assim como respeitando os ecossistemas e preservando os valores naturais e a biodiversidade.

A superfície oleícola em Portugal é de cerca de 372 594 ha (INE, 2020). Existem cerca de 118 450 explorações (Quadro 1) distribuídas principalmente pelas regiões do Alentejo, Trás-os-Montes e Beira Interior (Vilar & Pereira, 2019). Atualmente o Alentejo, região no sul de Portugal, possui cerca de 50% da área de olival nacional e é responsável por cerca de 70% da produção de azeite do país. Este aumento de produtividade deve-se a uma olivicultura moderna, onde foram introduzidas novas variedades e novas tecnologias, numa área de cerca de 72 400 ha (EDIA, 2020).

O consumo de azeite é apenas 3,5% do consumo de óleos vegetais no mundo. O aumento do consumo mundial é consequência da percepção de que o azeite é um produto de qualidade benéfico para a saúde; é um alimento que não apresenta limitações culturais que dificultem a comercialização (como é o caso do porco, por questões religiosas); a elasticidade do consumo do azeite em relação ao preço, comparativamente com o preço de outros óleos, tem vindo a diminuir, pelo que a influência do preço é cada vez menor. A criação de uma cultura do azeite está provocando um aumento do consumo de azeite

virgem extra, sendo esta uma das razões pela qual o azeite é uma tendência e não uma moda (Patanita, 2019a; Rius & Lacarte, 2015).

A preservação e promoção dos serviços ecossistémicos constitui hoje um contributo inequívoco para a sustentabilidade do território.

Quadro 1. Caracterização do sector português (INE, 2020).

Caracterização	Portugal Continental
Número de explorações	118 450
Superfície ocupada (ha)	372 594
Superfície média de exploração (ha)	3,15
Número de lagares	491
Quantidade de azeite (hl)	1 540 630
Rendimento (%)	17,0

## 2 SERVIÇOS DE ECOSISTEMAS

Os serviços dos ecossistemas são bens e serviços ambientais que as pessoas obtêm dos ecossistemas naturais e semi-naturais. Os serviços dos ecossistemas consistem nos processos através dos quais os ecossistemas naturais sustentam e satisfazem a população humana, sendo que mantêm a biodiversidade e produzem bens, como alimento e produtos farmacêuticos (Daily, 1997). Exemplos de serviços de ecossistemas abrangem a formação do solo e manutenção, controlo de pragas e doenças, purificação do ar e da água, estabilização do clima, entre outros.

Considera-se que os ecossistemas fornecem as seguintes funções:

- Função de regulação – benefícios obtidos a partir da regulação dos processos dos ecossistemas como regulação do clima, regulação de cheias, polinização e controlo biológico;
- Função de produção – produção de bens como alimentos, água doce e lenha;
- Função cultural – benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas como função recreativa, espiritual, estética e bem-estar;
- Função de suporte – serviços necessários para a produção de todos os outros serviços, como formação do solo e ciclos dos nutrientes.

Segundo Branquinho et al. (2015), alguns exemplos de serviços do ecossistema, incluem a limpeza da água e do ar, o armazenamento e reciclagem de nutrientes, a polinização de culturas e vegetação natural, a constituição e manutenção dos solos, o armazenamento do dióxido de carbono no solo e nas raízes e troncos das plantas, a

desintoxicação e decomposição de resíduos, e a componente estética, como a própria paisagem (Figura 1).

Figura 1. Categorias nas quais se dividem os serviços dos ecossistemas e alguns exemplos pertinentes no olival.



Segundo Barroso (2019), a abordagem de gestão do ecossistema reconhece que as pessoas são parte integrante e têm um impacto significativo sobre as estruturas e os processos dos mesmos. Reconhece igualmente que as pessoas dependem e interagem com os sistemas ecológicos, económicos e sociais em que vivem. Os principais objetivos de uma abordagem de gestão do ecossistema são:

- Manter a integridade do ecossistema;
- Sustentar a biodiversidade à escala regional;
- Incorporar os valores das comunidades presentes na conceção e implementação de uma estratégia de sustentabilidade.

A produção agrícola depende da biodiversidade e dos serviços dos ecossistemas. As dependências de serviços dos ecossistemas incluem:

- Capacidade de retenção de água localmente;
- Reciclagem de nutrientes do solo por microrganismos;
- Armazenamento de dióxido de carbono no solo, raízes e troncos das plantas;
- Estabilidade climática local e global;
- Variabilidade genética em culturas;

- Serviços de polinização e controlo de pragas fornecidos por insetos e outros animais.

No entanto, a agricultura necessita de ecossistemas altamente modificados e consequentemente simplificados, ainda que seja constante e dinâmica a relação entre a biodiversidade e os ecossistemas naturais com a produção agrícola. Esta interação é complexa e está sujeita a grande instabilidade (Torres, 2007).

De acordo com López-Bellido (2015) e López-Bellido et al. (2014), a agricultura tem a peculiaridade de estar fortemente afetada pelas alterações climáticas porque depende das condições ambientais. No entanto apresenta outra singularidade, o facto de ser, juntamente com o setor florestal, os que através da fotossíntese podem sequestrar o dióxido de carbono da atmosfera e retê-lo em formas mais ou menos estáveis (biomassa e matéria orgânica do solo). Por este motivo a agricultura deve desempenhar um papel primordial em todas as políticas ambientais e de luta contra as alterações climáticas.

Vários estudos realizados na gestão dos solos de plantações de olival, tais como a não mobilização, a utilização de coberto vegetal (culturas de cobertura ou vegetação espontânea), a incorporação dos resíduos de poda, demonstram que estas são práticas eficientes e estratégias adequadas que podem melhorar as propriedades do solo, diminuir as emissões de dióxido de carbono e aumentar a capacidade do solo para armazenar carbono (Castro et al., 2008; Nieto et al., 2010 e 2012; Repullo et al., 2012). Esta influência foi constatada em ensaios efectuados no sul de Espanha, onde as parcelas de olival com uma adequada gestão, através da não mobilização ou utilização de coberto vegetal e/ou incorporando os resíduos de poda, foram as que evidenciaram uma taxa de sequestro de carbono no solo positiva e contribuíram para gerar os valores mais altos da taxa global de carbono sequestrado por olival (López-Bellido, 2017). De acordo com o mesmo autor, o olival evidencia um elevado potencial de sequestro de carbono, apesar de existirem numerosas questões que necessitam ser clarificadas para avaliar de forma realista o impacto das plantações arbóreas e das práticas culturais no sequestro de carbono.

### 3 PRÁTICAS AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEIS

Nos olivais modernos de regadio, com maiores densidades, poda mecânica e colheita mecanizada, as boas práticas culturais começam a replicar-se, tais como: fertilização racional feita com base nas análises de terra, de água e foliares, proteção fitossanitária executada com base na monitorização dos inimigos das culturas (Figura 2) e na seleção do meio de proteção mais adequado, e o uso de enrelvamento (Figura 3). Com esta prática cultural evita-se a erosão do solo, mantendo um coberto vegetal permanente na entrelinha do olival (Figura 4). Por outro lado, a preservação de espécies como a

azinheira ou o sobreiro nas parcelas adjacentes (Figura 5), compatibilizando-as com a exploração agro-silvo-pastoril, bem como a preservação de outras espécies em sebes e a conservação das espécies que constituem os corredores ecológicos das galerias ripícolas são práticas altamente recomendáveis pelo facto de serem um importante refúgio de fauna e flora e também um importante biofiltro (EDIA, 2020). A diminuição do uso de fitofármacos através do fomento da limitação natural dos artrópodes auxiliares bem como dos morcegos (Figura 6) é uma outra prática atualmente já observada em algumas explorações olivícolas. Também o aproveitamento dos subprodutos agrícolas para compostagem, de maneira a devolver os nutrientes ao solo, constitui outra prática muito usada nos olivais modernos.

Figura 2. Monitorização dos inimigos da cultura.



Figura 3. Cultura de cobertura na entrelinha.



A estratégia de gestão de criar enrelvamentos nas entrelinhas é uma das formas de transformar o ecossistema olival num ecossistema diverso e multifuncional, rico em serviços de ecossistemas. Na Figura 4 são apresentados os efeitos benéficos do enrelvamento no olival.

Figura 4. Efeitos benéficos do enrelvamento no olival.



Figura 5. Preservação de espécies como a azinheira ou o sobreiro nas parcelas adjacentes.



Figura 6. Caixa-abrigo para morcegos.



#### 4 OLIVAIS MODERNOS CONDUZIDOS EM SEBE

Segundo Rius & Lacarte (2015), as razões pelas quais o olival em sebe é defensável são o facto de ter um balanço positivo no que se refere à pegada do carbono e a procura mundial de azeite ter sido superior à oferta, tendo-se verificado que apenas limitações na produção têm impedido um maior consumo (ainda existem muitas regiões a nível mundial onde os consumos são muito baixos e onde é possível aumentá-los).

Nestes olivais o sequestro do carbono ocorre quando um conjunto de práticas culturais (não mobilização da terra, coberto vegetal na entrelinha, incorporação dos restos da poda no solo, etc.) aumenta o teor de matéria orgânica no solo. Igualmente, o olival em sebe caracteriza-se por poder remover dióxido de carbono da atmosfera, armazenando-o temporariamente nas árvores (troncos, raízes, folhas e frutos) e, de forma mais duradoura, no solo (López-Bellido et al., 2014).

O valor obtido da taxa anual de sequestro de carbono, nos estudos efetuados por López-Bellido (2015), foi de 3,1 ton/ha com a variedade Arbequina em regadio e com um compasso de 7 x 3,5 m (408 árvores/ha). Quando os compassos passam a ser os normalmente utilizados no olival em sebe, com a mesma variedade, verificou-se um sequestro de carbono de 6,7 ton/ha.

O olival em sebe surgiu como resposta às necessidades do setor, uma vez que neste sistema os custos da colheita situam-se entre 0,03-0,04 €/Kg de azeitona colhida, valor bastante inferior ao que se consegue com os vibradores de tronco. Para além desta, muitas outras vantagens estão associadas a estes olivais modernos, nomeadamente a menor necessidade de mão-de-obra tanto na colheita como na poda; o facto de entrarem em plena produção ao 3-4º ano (6-7º ano nos outros sistemas modernos); as produções obtidas, graças às variedades seleccionadas e às técnicas culturais usadas, são muito mais uniformes e menos alternantes no tempo, e a velocidade de colheita das máquinas cavalgantes, bem como a origem da azeitona (da copa e não do solo), dois aspetos fundamentais para que 100% do azeite produzido neste sistema seja virgem extra. Os aspetos chave do sucesso deste sistema passam pela utilização das mesmas máquinas cavalgantes utilizadas na vindima, o que permite que, com poucas modificações e rendimentos elevados, a colheita de praticamente toda a azeitona seja feita em contínuo, e pela seleção de variedades de escasso vigor, precoces, pouco alternantes e muito produtivas (Arbequina, Arbosana, Koronekii, Oliana, Shikitita e Tosca).

## 5 OLIVAL BIOLÓGICO

A olivicultura biológica define-se como um conjunto de técnicas agrícolas que excluem o uso de produtos químicos de síntese como fertilizantes ou insecticidas, com o objectivo de preservar o ambiente, manter ou aumentar a fertilidade do solo e obter azeite de qualidade (Costa, 2016). Pode parecer contraditório o facto de hoje ser defensável o olival biológico em sebe, uma vez que este sistema está relacionado desde o início com a aplicação de inúmeros *inputs* produtivos necessários para contrapor com as condições desfavoráveis que estas novas densidades trouxeram. A falta de arejamento, o ensombramento entre linhas, ou a presença de feridas ocasionadas pelas máquinas cavalgantes na colheita eram algumas das características que se preconizavam como próprias do olival em sebe adulto e atribuídas como sendo as principais causas de criação de um microclima propício a todo o tipo de doenças e pragas incontroláveis sem a utilização de produtos de síntese química. Por outro lado, o olival biológico está normalmente relacionado com a obtenção de menores produções em olivais tradicionais. Dificilmente se pensava em olival biológico, quando este se realizava em terrenos férteis, porque se supunha uma descida da produção relativamente ao modo convencional, não compensável do ponto de vista económico nem mesmo com o maior valor do azeite biológico. Atualmente estes tópicos estão completamente ultrapassados graças a: i) técnicas culturais usadas no olival em sebe (limitação em altura e largura das árvores,

através da poda, rega e fertilização eficiente, melhoria das máquinas de colheita, etc.); ii) grau de profissionalismo e controlo alcançado nas plantações biológicas. Hoje, nem o olival biológico é um impedimento para a viabilidade económica das plantações em sebe, nem o sistema em sebe é inconcebível como paradigma da sustentabilidade ou da biodiversidade que se estipula como princípios da olivicultura biológica (Rius & Lacarte, 2015). Podemos dizer que não há sistemas bons ou maus, o que existe são boas e más práticas culturais, quaisquer que seja o sistema utilizado.

De acordo com Costa (2016), a agricultura biológica é um sistema agrícola holístico e os princípios de agricultura biológica estão relacionados com todos os elementos do sistema, desde a preparação do solo e ambiente até à gestão das culturas e dos animais, incluindo a preparação e rotulagem dos alimentos.

O que se exige hoje a este sistema é um maior grau de conhecimento do ambiente, da fisiologia da oliveira e das técnicas culturais necessárias para regular a interação olival-ecossistema. Pretende-se neste tipo de produção: i) manter e melhorar a fertilidade do solo; ii) optar pela luta biológica no controlo das pragas; iii) prevenir as doenças através de medidas preventivas (densidades, podas para arejamento); iv) dar prioridade ao uso sustentável dos recursos da exploração (solo, água, sebes e corredores ecológicos).

O Instituto Politécnico de Beja através das parcerias com instituições e empresas da região tem mostrado aos seus estudantes quais as melhores práticas no olival e no lagar. Vários projetos têm culminado com a publicação de livros, exemplo disso foi o projeto “Rede para a monitorização e divulgação das melhores práticas agro-ambientais para o olival” (Jordão, 2014), folhetos para divulgação do conhecimento obtido, e fóruns como os da Modernização da Agricultura, promovidos pela Caixa de Crédito Agrícola Mútuo, são bons exemplos do trabalho realizado na disseminação do conhecimento (Patanita, 2019b).

Existem alguns casos de sucesso como o da Herdade do Esporão que, nos últimos oito anos, traçou um caminho muito bem sucedido, no sentido da sustentabilidade da vinha e do olival, onde os principais objetivos para produzir azeite biológico são, segundo Oliveira (2019): i) aumentar a fertilidade do solo; ii) fechar ciclos utilizando subprodutos gerados pela própria atividade – Economia Circular; iii) procurar a eficiência no uso da água e qualidade da água; iv) optar pela luta biológica no controlo de pragas, isto é, através da utilização de organismos benéficos – Biodiversidade Funcional; v) instalar infraestruturas ecológicas para apoiar a fauna e a flora nativas – Gestão de Ecossistemas; vi) produzir azeitona de qualidade superior e livre de resíduos.

As infraestruturas ecológicas são uma das ferramentas mais importantes para promover os serviços ecológicos e a biodiversidade funcional. Com a promoção

da biodiversidade, vários serviços ecológicos irão beneficiar a produção agrícola, nomeadamente reciclagem de nutrientes, proteção da cultura, clima e água, conservação do solo, armazenamento de carbono, entre outros (Costa, 2016).

## 6 CONCLUSÕES

O ecossistema olivícola tem que ser abordado de uma forma holística onde as características do olival, o microclima, as infraestruturas ecológicas, as práticas culturais, o tipo de solo, os inimigos da cultura e os auxiliares se interrelacionam e onde a biodiversidade tem um papel preponderante no fornecimento de importantíssimos serviços do ecossistema. Exemplos destes serviços são: i) produção de azeitona e azeite; ii) manutenção de habitats; iii) ciclo hidrológico; iv) filtração/sequestro de água, carbono; v) formação de solo; vi) controlo de pragas e doenças; vii) turismo e recreação; viii) cultura e sentido de pertença.

Com a ameaça das alterações climáticas, torna-se fundamental a preservação e promoção dos serviços disponibilizados por estes ecossistemas agrários, contributos importantes para a sustentabilidade dos territórios.

A conjuntura de mercado, o clima, o desenvolvimento tecnológico e o regadio, criaram as condições perfeitas para o desenvolvimento com sucesso da fileira do olival, pelo que o desafio que o setor oleícola tem neste momento é o de garantir a sua sustentabilidade.

## 7 AGRADECIMENTOS

Este trabalho é uma contribuição para o projeto GeoBioTec UID/GEO/04035/2020 e UID/GEO/04035/2019, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT).

## REFERÊNCIAS

Barroso, J. (2019). **Um brinde ao Alentejo** – Plano para a implementação de um Plano de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo. 27 Abril 2019, Ovibeja, Beja.

Branquinho, C.; Pinho, P.; Nunes, A.; Gonçalves, P.; Rosário, I.; Santos, A.; Vieira, J.; Santos-Reis, M. (2015). **Biodiversity: back to basics of ecosystem services** [versão electrónica]. Resultados do debate final do Workshop sobre Avaliação de Ecossistemas e Serviços dos Ecossistemas em Portugal. Cascais.

Castro J., Fernandez-Ondoño E., Rodriguez C., Lallena A.M., Sierra M., Aguilar J. (2008). **Effects of different olive-grove management systems on the organic carbon and nitrogen content of the soil in Jaen (Spain)**. Soil and Tillage Research. 98, 56-67.

Costa C.A. (Coord.), Correia H.E., Correia P., Costa D., Gaião D., Guiné R., Coelho C., Costa, J.M., Monteiro A., Oliveira J., Pinto A., Rodrigues P., Castro M., Guerra L.T., Seeds C., Coll C., Macdonald J., Radics L., Soylu S., Arslan M., Tóthová M., Tóth P., Basile S. (2016). **Organic Farming e-book**. EOSA/IPV, Vigo, 451p.

Daily GC, Alexander S, Ehrlich PR, Goulder L, Lubchenco J, Matson PA, Mooney HA, Postel S, Schneider SH, Tilman D, Woodwell GM (1997). **Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems**. *Issues in Ecology* 2: 1-16.

EDIA (2020). **Olival em Alqueva Caracterização e Perspetivas**. Disponível em: [https://www.edia.pt/wp-content/uploads/2021/03/olival\\_digital.pdf](https://www.edia.pt/wp-content/uploads/2021/03/olival_digital.pdf)

INE (2020). **Estatísticas agrícolas**. [www.ine.pt](http://www.ine.pt)

Jordão, P (Ed) (2014). *Boas práticas no olival e no lagar*. INIAV, IP, 290p.

Lopez-Bellido, L., Fernandéz -Garcia, P., Lopez-Bellido, P. (2014). **Balance y huella de carbono del olivar**. *Vida Rural*, 375: 1-14.

Lopez-Bellido, P. (2017). **Balance y huella de carbono en plantaciones de olivar en el sur de España**. Tesis Doctoral, UCOPress. Cordoba, 121p.

Lopez-Bellido, L. (2015). **Agricultura, cambio climático y secuestro de carbono**. Cordoba, 255p.

Nieto OM, Castro J, Fernández E, Smith P. 2010. **Simulation of soil carbon stocks in a Mediterranean olive grove under different soil-management systems using the RothC model**. *Soil Use Manage*. 26, 118-125.

Nieto, O.M., Castro, J. Fernandez-Ondoño E. (2013). **Conventional tillage versus cover crops in relation to carbon fixation in Mediterranean olive cultivation**. *Plant Soil* 365, 321-335.

Oliveira, N. (2019). **Facing The Challenge: How Esporão is Adapting in a Turbulent World**. 27 Abril 2019, Ovibeja, Beja.

Patanita, M. I. (2019a). **Olivicultura: Boas práticas no caminho da sustentabilidade**. *Agrotec*, 33, 36-38p.

Patanita, M. I. (2019b) **Olivicultura: Perspectivas da ligação Universidade-Empresa**. Fóruns para a modernização da Agricultura. CCAM, Beja.

Reis, P. (2014) *Produção e mercados* In Jordão, P (Ed) *Boas práticas no olival e no lagar*. INIAV, IP, 03-04p.

Repullo MA, Carbonell R, Hidalgo J, Rodríguez-Lizana A, Ordoñez R. 2012. **Using olive pruning residues to cover soil and improve fertility**. *Soil Tillage Res*. 124, 36-46.

Rius, X. e Lacarte, J. M. (2015). **La revolución del olivar el cultivo en seto**, 2ª Edição Barcelona, 518pp.

Torres, L. (2007). **Manual de proteção integrada do olival**. Viseu, 433pp.

Vilar, J. e Pereira, J. E. (2019). **A olivicultura internacional difusão histórica, análise estratégica e visão descritiva**. Fundación Caja Rural de Jaén, 129pp.

# CAPÍTULO 5

## SPATIALLY EXPLICIT MODEL FOR ANAEROBIC CO-DIGESTION FACILITIES LOCATION AND PRE-DIMENSIONING IN NORTHWEST PORTUGAL<sup>1</sup>

Data de submissão: 30/09/2021

Data de aceite: 17/10/2021

### Renata D'arc Coura

Universidade de Lisboa  
Instituto Superior de Agronomia  
Centro de Investigação LEAF  
Lisboa - Portugal  
<https://orcid.org/0000-0003-3312-2242>

### Joaquim Mamede Alonso

Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior Agrária  
Centro de Investigação proMetheus  
Viana do Castelo - Portugal  
<https://orcid.org/0000-0003-4254-3508>

### Ana Cristina Rodrigues

Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior Agrária  
Centro de Investigação proMetheus  
Viana do Castelo – Portugal  
<https://orcid.org/0000-0003-4082-1762>

### Ana Isabel Ferraz

Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior Agrária  
Centro de Investigação proMetheus  
Viana do Castelo – Portugal  
<https://orcid.org/0000-0001-6004-6869>

### Nuno Mouta

Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior Agrária  
Centro de Investigação proMetheus  
Viana do Castelo – Portugal  
<https://orcid.org/0000-0003-2466-1666>

### Renato Silva

Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior Agrária  
Centro de Investigação proMetheus  
Viana do Castelo - Portugal  
<https://orcid.org/0000-0003-3249-4749>

### António Guerreiro de Brito

Universidade de Lisboa  
Instituto Superior de Agronomia  
Centro de Investigação LEAF  
Lisboa - Portugal  
<https://orcid.org/0000-0003-1356-3358>

**ABSTRACT:** The high volumes of animal manure and sewage sludge, as a consequence of the development of intensive and specialized cattle dairy farms in peri-urban areas, pose challenges to local environmental quality and demands for systems innovation. Besides these negative impacts, energy recovery from biogas produced in anaerobic co-digestion processes should contribute to local sustainable development. This research considers technical data obtained from the optimization of biomethanization processes using sewage sludge and cattle manure liquid fraction, aiming

<sup>1</sup> The content of this chapter contributed to the published paper <https://doi.org/10.3390/app11041841>

to develop a spatially explicit model including multicriteria evaluation and an analytical hierarchy process to locate biogas production facilities, allocate energy resources and consider biogas unit pre-dimensioning analysis. According to the biophysical conditions and socioeconomic dynamics of the study area (Vila do Conde, Northwest Portugal), a spatially explicit model using multicriteria and multiobjective techniques allowed the definition of suitable locations, as well as the allocation of resources and support pre-dimensioning of biogas facilities. A p-median model allowed us to allocate resources and pre-dimensioning biogas facilities according to distance and accessibility elements. The results indicate: (i) the location of areas with adequate environmental conditions and socioeconomic suitability advantages to install biogas production facilities, and (ii) the ability to compare the options of centralized or distributed location alternatives and associated pre-dimensioning.

**KEYWORDS:** Geographic information science. Location-allocation. Anaerobic co-digestion. Analytic hierarchy process. Biogas.

## MODELO ESPACIALMENTE EXPLÍCITO PARA LOCALIZAÇÃO E PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES DE CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA NO NOROESTE DE PORTUGAL

**RESUMO:** O elevado volume de resíduos de origem animal e lamas domésticas/urbanas, como consequência do desenvolvimento de fazendas de pecuária leiteira intensiva e especializadas em áreas periurbanas, representam desafios para a qualidade ambiental local e demandam por uma inovação de sistemas. Além desses impactos negativos, a recuperação energética do biogás produzido a partir de processos de co-digestão anaeróbia deve contribuir para o desenvolvimento sustentável local. Esta pesquisa considera dados técnicos obtidos a partir da otimização de processos de biometanização utilizando lamas domésticas/urbanas e fração líquida do chorume bovino, visando desenvolver um modelo espacialmente explícito incluindo avaliação multicritério e processo de hierarquia analítica para localizar instalações de produção de biogás e alocar recursos energéticos considerando uma análise de pré-dimensionamento de unidades de produção de biogás. De acordo com as condições biofísicas e as dinâmicas socioeconômicas da área de estudo (Vila do Conde, Noroeste de Portugal), um modelo espacialmente explícito utilizando técnicas multicritério e multiobjetivo permitiu a definição de localizações adequadas, bem como a alocação de recursos e apoio no pré-dimensionamento de instalações de produção de biogás. Um modelo de p-mediana permitiu alocar os recursos e pré-dimensionar as unidades de biogás de acordo com a distância e elementos de acessibilidade. Os resultados indicam: (i) a localização de áreas com condições ambientais adequadas e vantagens socioeconômicas para a instalação de unidades de produção de biogás, e (ii) a capacidade do modelo de comparar as opções de alternativas de localização centralizada e/ou distribuída e o pré-dimensionamento associado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciência da informação geográfica. Localização-alocação. Codigestão anaeróbia. Processo de análise hierárquica. Biogás.

## 1 INTRODUCTION

Economic competitive advantages found in (peri)urban areas promote population concentration, increasing rural-urban interfaces [Winarso *et al.*, 2015] and fostering

changes in local consumption patterns and in waste and wastewater spatio-temporal production [Lefebvre *et al.*, 2012]. These processes contribute to sewage sludge (SwS) and animal manure production and accumulation [Lima *et al.*, 2015] originating from local rural and urban activities, causing potential pressures and impacts on quality of life and natural resource management [Paolini *et al.*, 2018] of these complex socio-ecological systems [Kelly *et al.*, 2015]. However, these local or regional problems concerning the excess of organic loads can turn into opportunities resulting from bioenergy and nutrient recovery processes into fertilizers and energy, simultaneously promoting waste reduction and reuse and local circular (bio)economy innovation [Rammel *et al.* 2007].

The prospect of resource scarcity has been a constant challenge, which reaffirms the necessity to develop new approaches and technologies, improve processes and innovate organizational systems. A holistic and transversal approach should incorporate the complex interdependence between water, energy and food resources (water-energy-food nexus) [Biggs *et al.*, 2015], integrating the complexity of local socio-ecological systems [Young *et al.*, 2006; Torres-Lima *et al.*, 2019]. Public wastewater sanitation infrastructures, as major energy consumers within municipalities [Racoviceanu *et al.*, 2007], need to adopt strategies that enhance the eco-efficiency of their facilities and that also seek to support other realities within the territory, such as waste and wastewater generating activities, that still lack proper treatment. In this context, dairy intensive farms, as large waste producers, still need the implementation of treatment technologies that promote the energetic valorization of this substrate typology. This reality demands for a local integrated management and spatio-environmental planning of peri-urban areas [Steinhäuber *et al.*, 2015; Scarlat *et al.*, 2019]. In that regard, the location, dimensioning and operation of some wastewater treatment plants (WWTPs) may be optimized with the integration of both waste and wastewater in order to meet the project dimensioning parameters.

In this context, in a systemic approach to the energy efficiency of the territory, advanced studies have been carried out, aiming at the development of a spatially explicit model for anaerobic co-digestion facility location and pre-dimensioning, considering the spatial distribution of resource supply.

Thus, data, information and knowledge from experimental assays [Coura *et al.*, 2021] are integrated both in the definition of environmental, social and economic criteria at planning scale (location, allocation and pre-dimensioning existing and new potential biogas plants) and in biogas facility operation (organizational and logistic solutions) [Spigolon *et al.*, 2018].

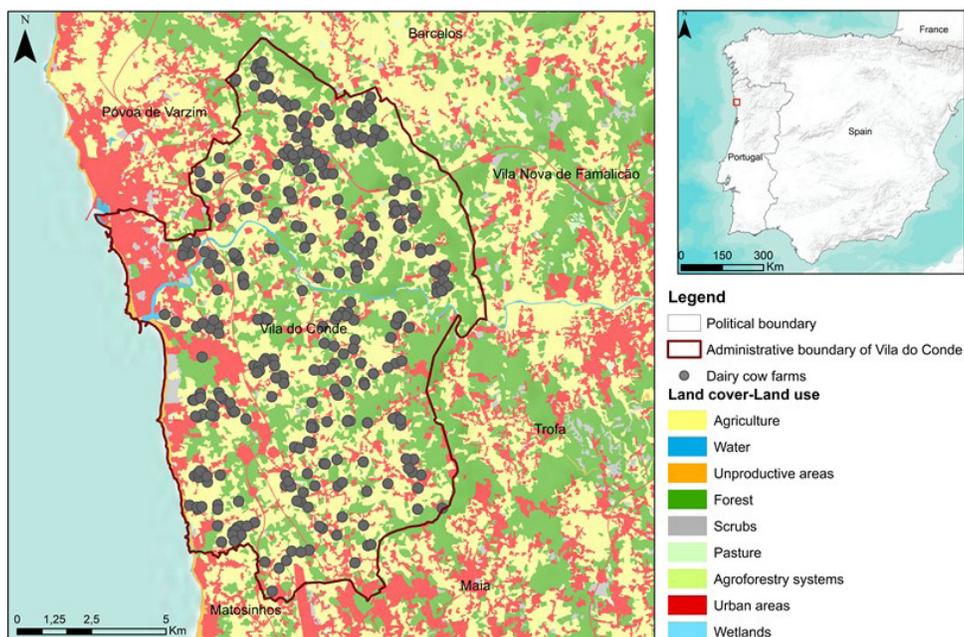
## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 SCOPE, OBJECTIVES AND RESEARCH FRAMEWORK

The present research aims to develop a spatially explicit model using an analytical hierarchy process (AHP) concerning the suitable location and the pre-dimensioning of biogas units in ACoD systems for sewage sludge and dairy cattle manure liquid fraction (CMLF) (urban and rural) treatment and valorization. The model development considers the test and local reality of Vila do Conde municipality (Northwest; NW Portugal) (Figure 1).

This process assumes that the location and pre-dimensioning of the biogas production units result from the collaboration among decision makers, project promoters, researchers (in environmental and spatial technologies) and technicians involved in land use planning and urban/(agro)industrial waste and wastewater facility development. The analyses and solutions consider: (i) the legal and regulatory framework (European directives, national legislation and national strategies); (ii) local/ sectorial planning and management framework; (iii) experimental data related to ACoD kinetic parameters [Coura *et al.*, 2021]; and other (inter)national reference technical and scientific studies.

Figure 1. Spatial research unit of Vila do Conde municipality (NW Portugal).



## 2.2 SPATIO-TEMPORAL PATTERNS OF SEWAGE SLUDGE AND DAIRY CATTLE MANURE PRODUCTION AND AVAILABILITY

The analysis and estimation of production, availability and exploitability patterns of waste sludge from WWTPs and cattle manure from urban areas and dairy cattle farms consider: (i) current and future population distribution and economic activity [INE, 2011]; and (ii) local cattle dairy farms' productive structure and the cows' spatial distribution [Alonso *et al.*, 2012].

Waste production pattern definition considers the average values of total solids (TS) production for sewage sludge ( $16.5\text{kg inhab}^{-1}\text{ year}^{-1}$ ) [GFA, 2000] and for cattle dairy farms ( $20\text{m}^3\text{ cow}^{-1}\text{ year}^{-1}$  with 3.5% of dry matter (TS)  $\text{m}^{-3}$  after solid-liquid manure separation) [CBPA, 997; Brito *et al.*, 2011]. Results obtained from former studies [Coura *et al.*, 2021] are also considered, such as the average ratio between total solids and volatile solids (VS) (65%), the biogas yield ( $93.3\text{mL gVS}^{-1}$ ) and methane yield ( $48.5\text{mL gVS}^{-1}$ ). The models also consider the biogas calorific value of  $21.5\text{MJ m}^{-3}$  (electric energy content equivalent of  $6\text{kWh m}^{-3}$  and heat energy content equivalent of  $2\text{kWh m}^{-3}$ , approximately) [Batzias *et al.*, 2005; Braun, 2007; Rohstoffe, 2008; AQPER, 2019].

## 2.3 SPATIAL MULTICRITERIA MODEL DEVELOPMENT TO SUPPORT BIOGAS FACILITIES LOCATION

Multicriteria and multiobjective evaluation allows unit location and resource allocation spatial assessment processes by structuring decision problems.

The developed spatial model integrates operations of distance analysis, overlap, interpolation, reclassification, 3D surface analysis and network analysis, and technical and political options regarding the following aspects: (i) social aspects (service level, acceptance, social innovation); (ii) economic dimensions (related to investment, maintenance and operation costs) [Espinosa and Pizarro-Irizar, 2018]; (iii) and environmental conditions (environmental impact and management towards environmental protection). Each criterion and dataset is standardized in spatial reference systems (ETRS89 TM06), and final thematic criteria values were reclassified into categorical scales (0 for exclusion, and a scale from 1, low value, to 5, optimal value).

In this study, the AHP allowed the ranking and weighting of the relative importance of the different factors/criteria in the final results (Ma *et al.*, 2005). Final values were obtained based on the 9-point classification system described by [Satty, 1991], with consistency coefficients (CC) with values below 0.10 being accepted.

## 2.4 MULTICRITERIA MODEL VALIDATION, RESOURCES ALLOCATION AND BIOGAS PLANTS PRE-DIMENSIONING

Multiobjective and pre-dimensioning analysis considers alternative scenarios (centralized considering 1 to 3 biogas production facilities or distributed biogas production systems, from 5 to 8 new units) related to the number and biogas plants dimension (considering the amount of sewage sludge and dairy cattle manure available).

Location-allocation analysis and p-median problem [Church and Medrano, 2018] intend to find optimum locations of facilities such that the product of the (weighted) distance and impedance between each demand location and the nearest facility is minimized, as well as allowing test and maximize couverture [ESRI, 2019].

These new polygons allow the use of overlay operations aiming to estimate the allocation of feedstock based on sewage sludge and cattle manure availability and associated biogas plant capacity ( $\text{m}^3\text{biogas year}^{-1}$ ) to the resulting potential electric and heating energy.

## 2.5 MULTICRITERIA SPATIALLY EXPLICIT MODEL DEVELOPMENT

Multicriteria model validation, the location selection and the pre-dimensioning (based on resource allocation and bioenergy potential) of biogas production facilities support the results presentation and scientific and technical discussion. A final critical evaluation of the methodological approach and results was carried out, followed by proposal definition in order to transform the research products into thematic and spatial decision support tools at future biogas production facilities' project and management phases.

## 3 RESULTS

### 3.1 SEWAGE SLUDGE AND CATTLE MANURE SPATIO-TEMPORAL PATTERNS

The resident population (in Vila do Conde municipality) increased as a result of local and regional improvements in accessibility to the closest Oporto metropolitan area (NW Portugal). The population concentration in coastal, riverside and near highway main accesses, as well as near industrial areas and the services sector, results in a considerable increase in the current and potential distribution dynamics of municipal waste and sewage sludge.

The 368 dairy cattle local farms present distinct physical, economic and social dimensions (between 13 and 620 cows, mean of 67 cows per farm) using semi-intensive production systems with a variety of production technologies. Despite this variability, most farms are small (under 50 cows per farm).

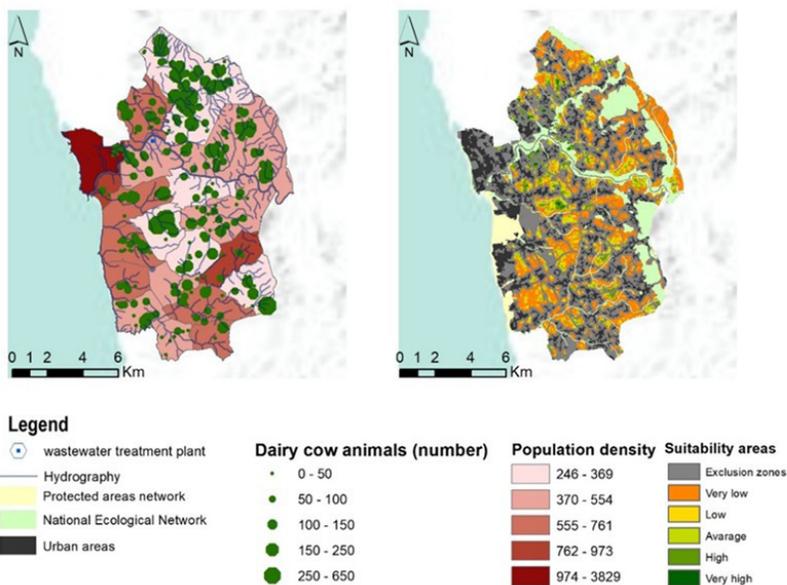
The results indicate that sewage sludge and dairy cattle manure production present different spatial and temporal patterns. Municipal wastewater is distributed according to concentrated, dispersed and regular urban areas, with lower average unit values. Cattle manure has a diffuse distribution associated with production and storage sites as well as associated animal forage/feed productions. Actually, current cattle manure production does not correspond to current and real availability and exploitability for biogas production.

Under the tested conditions, the available and modelled data showed that, in this case, a higher quantity is produced and available of dairy cattle manure than sewage sludge.

### 3.2 ENVIRONMENTAL, SOCIAL AND ECONOMIC CRITERIA IN BIOGAS PLANT LOCATION

Environmental, social and economic criteria overlay and weighted product (AHP), followed by consistency and sensitivity analysis, indicate several suitable locations with low and medium altitude showing high suitability and adequate area requirements for collective biogas facility location (Figure 2). The results also pointed out a significant extension of exclusion areas, considering legal (e.g., master land use plans) and technical constraints (e.g., building implantations). Even when considering changes in weighting and the use of more restricted criteria (sensitivity analysis), it is possible to identify scattered locations with very high/optimum suitability and minimum area needs to locate biogas facilities (Figure 3).

Figure 2. Population density (inhabitants km<sup>-2</sup>, dairy cattle farms (number) and biogas production facility location suitability.



### 3.3 BIOGAS FACILITIES' LOCATION, RESOURCES ALLOCATION AND PRE-DIMENSIONING

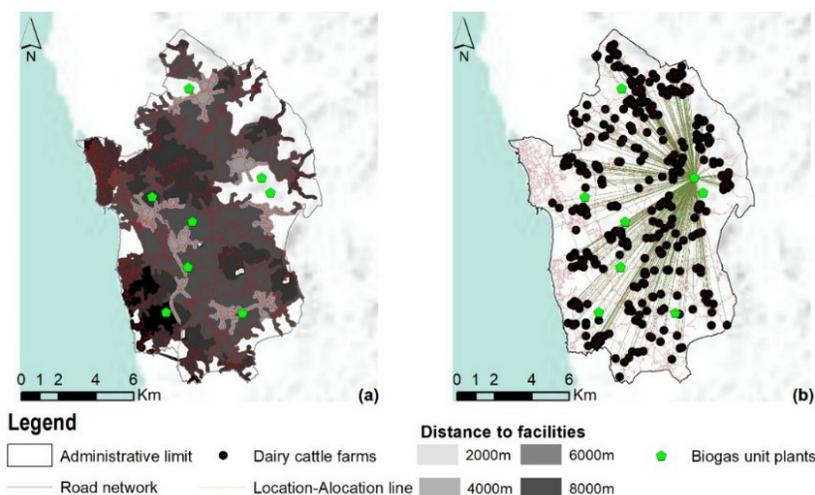
The modelling results refer to adequate local potential for the implementation of ACoD biogas production facilities considering local conditions, resources' spatiotemporal availability and the technical indicators about ACoD conversion processes and biogas caloric value (Table 1).

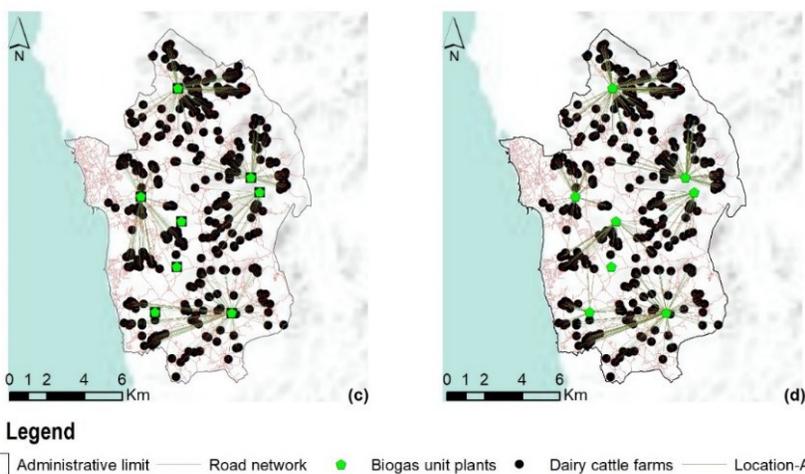
Table 1. Indicators adopted in the case study.

Indicators	Value	Reference
Volatile solids/Total solids (%)	65	[Coura <i>et al.</i> , 2021]
Methane yield (mL gVS <sup>-1</sup> )	48.5	[Coura <i>et al.</i> , 2021]
Biogas yield (mL gVS <sup>-1</sup> )	93.3	[Coura <i>et al.</i> , 2021]
Average methane content (%)	52	[Coura <i>et al.</i> , 2021]
Biogas calorific value (MJ m <sup>-3</sup> )	21.5	[Braun, 2007]
Waste sludge production (kgTS capita <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup> )	16.4	[GFA, 2000]

The spatially explicit model indicates a unique centralized biogas plant as a possible solution (Figure 3b), but also allows us to explore several scenarios/simulations regarding the number of facilities, dimension and location according to a multiobjective framework. In this context, as an example, two different scenarios were developed, i.e., decentralized systems with eight biogas facilities (Figure 4a) and centralized systems with five biogas production facilities (Figure 4b).

Figure 3. (a) Distance road analysis (m) to biogas plants; (b) Allocation analysis considering centralized (1 biogas facility); (c,d) distributed scenarios (5 and 8 facilities).





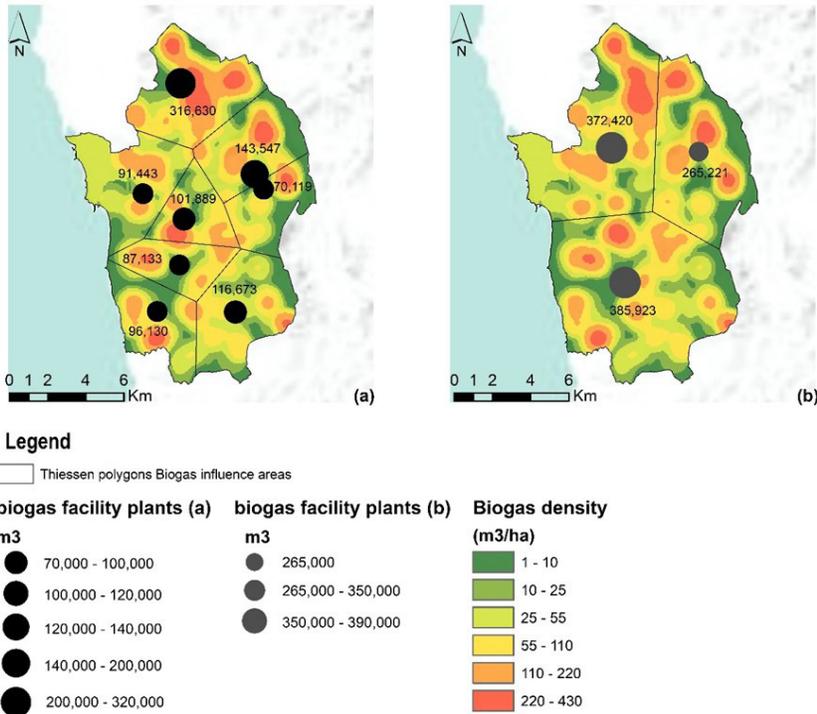
Local urban sewage sludge availability (853tonVS year<sup>-1</sup>) and dairy cattle manure (10,970tonVS year<sup>-1</sup>) refer to a potential for biogas (1,102,773m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup>), methane (573,441m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup>), heat (7,046,717kWh) and electric energy (2,205,545kWh) production. The distributed system scenario revealed a maximum biogas production potential in the range of 70,000–320,000m<sup>3</sup> per facility per year. Assuming the indicators described in Table 1, the referred biogas potential production is equivalent to approximately 44,7300–20,4000kWh of heat energy or 140,000–640,000kWh of electrical power (Figure 4) per facility per year. In contrast, the centralized scenario indicates a maximum biogas potential production between 265,000 and 390,000m<sup>3</sup> per facility per year, which is equivalent to 1,600,000–2,600,000kWh of heat energy or 500,000–800,000kWh of electrical power. In the development, one of the centralized system scenarios (three biogas plants), which considered the existing WWTP biodigester (ETAR do Ave, Tougues), requires the construction of two new facilities (Figure 4).

These solutions considered different alternative projects and future biogas facility management models. Centralized system solutions reduce the initial investment, but reinforce the complexity and the costs of operation. According to [Thiriet *et al.*, 2020], centralized treatment plants have a significantly higher overall payload distance, which supports the idea of a higher transport efficiency of a decentralized system compared to a centralized one [Wang, 2014], even in a territory with a high density of urban and peri-urban areas [Thiriet *et al.*, 2020].

The present exercise and results also indicate the possibility of ensuring sectorial and territorial complementarity between urban and rural systems by assuming the adaptation of existing sanitation systems under territorial agreements/partnerships and

innovative governance model frameworks. The spatially explicit model and the developed method can be tested and adjusted to other assumptions of the quantity, distribution and exploitability of available resources, as well as process changes/improvements and biogas production yields, in terms of quantity and quality (i.e., methane content in biogas).

Figure 4. Resource Allocation, Areas of Influence and Energy Capacity of the Biogas Facilities in the Two Scenarios.



## 4 DISCUSSION

Scientific and technological advances concerning bioenergy system plants' operation and the optimization of waste treatment and valorization result in knowledge with a major role to improve decision models regarding the location (at local or regional scale) and allocation resources to biogas facilities. The complex and dynamic nature of biogas production facility location, resources allocation and pre-dimensioning analysis requires multicriteria spatial models that consider environmental (protection), social (responsibility and safety) and economic (viability) criteria [Comber *et al.*, 2015], as well as conflicting and alternative location and allocation objectives, namely associated with centralized or distributed solutions.

The spatial, thematic, institutional and temporal scope of the study, as well as the selection of treatment and valorization systems, determines the issues, the nature and

the development of the spatially explicit model. The developed approach and methods have a scale-based nature and are applicable to similar subjects, challenges and local spaces. The developed methodology and spatial model should consider changes in spatial and temporal patterns of available resources to produce bioenergy and process biogas yields. In this research, the biological treatment process kinetic indicators (Table 1) refer to the optimization of the AcoD of SwS and CMLF [Coura *et al.*, 2021], but the model's versatile nature allows the use of different kinetic parameters. In that regard, studies about the optimization of the AcoD process including other organic wastes/agroindustrial wastewaters, such as cheese whey, winery wastewater, among others, should be performed in order to obtain the kinetic indicators most suitable to be integrated into the model. Each research work case assumes specificities concerning the representation and meaning of environmental, social and economic criteria and objectives within a dynamic local political, legal and technical/technologic framework. The implementation of a biogas production utility, as a very complex infrastructure, may include pre/post treatments and must consider the logistics of sludge disposal. These aspects were initially considered in this research (i.e., weighted overlay – AHP) and are a subject to be thoroughly detailed and assessed, considering econometric and logistic aspects in the project's further phase.

The definition, weighting and interpretation of sensitivity analysis resulting from the application of spatial criteria should assume a multidisciplinary, collaborative and inclusive nature. Results location validation from in-field data and modelling outputs are central/critical to the biogas facility project's further phases. These scenarios and potential resource allocation data are relevant to the next steps of biogas production facility dimensioning (i.e., to calculate investment and operating costs, as well as the technical and economic viability assessment of each new biogas facility).

## 5 CONCLUSIONS

The modelling results pointed out that it is possible to set up the location of biogas plants based on resource availability and local biogas yield. Both data and the spatial model enable multidisciplinary approaches, analysis scale changes, actor coordination among the project/planning phases, as well as communication among stakeholders, technicians and the scientific community.

The developed spatial model indicates:

1. A high potential of local bioenergy resources available for biogas production (dairy cattle manure and sewage sludge) and the interest in complementing,

- at a local scale, the use of existing biogas producing facilities (including those integrated in wastewater treatment plants) with new collective facilities;
2. The suitable locations for the installation of biogas production facilities in low altitude, forested areas, near to cattle farms, the road network and electric injection points, but far from the hydrographic network and avoiding the ecological reserves and protected areas;
  3. The need to collect and analyze additional and detailed thematic and temporal (e.g., seasonal) data on sewage sludge and animal manure production;
  4. The importance of developing multicriteria optimization algorithms to test a set of maximization and optimization functions (location and allocation issues), considering economic and econometric functions and objectives;
  5. The reinforcement of multi-objective assessment to compare sites and alternative management models, considering investment and cost analysis.

## 6 ACKNOWLEDGMENTS

We greatly appreciate the support of the research units Geomatics and Environmental Systems Analyses of IPVC (Portugal) and Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF) of ULisbon (Portugal). This research was funded by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Brazil), grant number GDE 201469/2014-6.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, J.; CURADO, M.; SILVA, A.; EÇA, P. Plano de ordenamento da Bacia Leiteira Primária do Entre Douro e Minho. *Direção Reg. Agric. Entre Douro Minho*, 1, 1-153, 2012.

AQPER. Association Quebecoise de la Production D'Energie Renouvelable. Available online: <https://www.aqper.com/en/biogas> (accessed on 27 July 2019).

BATZIAS, F.; SIDIRAS, D.; SPYROU, E. Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method. **Renew. Energy**, 30, 1161-1176, 2005. doi:10.1016/j.renene.2004.10.001.

BIGGS, E.M.; BRUCE, E.; BORUFF, B.; DUNCAN, J.M.; HORSLEY, J.; PAULI, N.; MCNEILL, K.; NEEF, A.; VAN OGTROP, F.; CURNOW, J. Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods. **Environ. Sci. Policy**, 54, 389-397, 2015. doi:10.1016/j.envsci.2015.08.002.

BRAUN, R. Anaerobic digestion: A multi-faceted process for energy, environmental management and rural development. In *Improvement of Crop Plants for Industrial End Uses*; Springer International Publishing: Chem, Switzerland, pp. 335-416, 2007.

BRITO, L.; ALONSO, J.; REY-GRANA, J. Gestão de efluentes nas explorações leiteiras do Entre Douro e Minho. **Rev. Ciências Agrar.**, 36, 80-93, 2011. ISSN 0871-018X.

CBPA. Código de Boas Práticas Agrícolas: Para a Proteção da Água Contra a Poluição com Nitratos de Origem Agrícola; Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas: Lisbon, Portugal, 1997.

CHURCH, R.; MEDRANO, A.; University of California at Santa Barbara Location-allocation Modeling. **Geogr. Inf. Sci. Technol. Body Knowl.** 2018, 2018. doi:10.22224/gistbok/2018.3.4.

COMBER, A.; DICKIE, J.; JARVIS, C.; PHILLIPS, M.; TANSEY, K. Locating bioenergy facilities using a modified GIS-based location-allocation-algorithm: Considering the spatial distribution of resource supply. **Appl. Energy**, 154, 309–316, 2015. doi:10.1016/j.apenergy.2015.04.128.

COURA, R.D.; RODRIGUES, A.C.; ALONSO, J.M.; FERRAZ, A.I.; BRITO, L.M.; ABRANTES, J.C.D.C.; BRITO, A.G. Combined Pretreatment by Ultrasound and Struvite Precipitation of Raw Substrates: A Strategy to Overcome C/N Ratio Unbalance in Nitrogen-Rich Anaerobic Co-Digestion Systems. **Sustainability**, 13, 2175, 2021. https://doi.org/10.3390/su13042175.

ESPINOSA, M.P.; PIZARRO-IRIZAR, C. Is renewable energy a cost-effective mitigation resource? An application to the Spanish electricity market. **Renew. Sustain. Energy Rev.**, 94, 902–914, 2018. doi:10.1016/j.rser.2018.06.065.

ESRI. Location-Allocation Analysis layer: What Is a Location Allocation? 2019. Available online: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/location-allocation.htm> (accessed on 24 August 2019).

Germany ATV-DYWK GFA. Rules and Standards; Dimensioning of Single Stage Activated Sludge Plants; GFA Publishing company: Hennef, Germany, 2000.

INE. Censos 2011; Instituto Nacional de Estatística: Lisbon, Portugal, 2011.

KELLY, C.; FERRARA, A.; WILSON, G.A.; RIPULLONE, F.; NOLÈ, A.; HARMER, N.; SALVATI, L. Community resilience and land degradation in forest and shrubland socio-ecological systems: Evidence from Gorgoglione, Basilicata, Italy. **Land Use Policy**, 46, 11–20, 2015. doi:10.1016/j.landusepol.2015.01.026.

LEFEBVRE, M.; ESPINOSA, G.; GOMEZ, Y.P.S. JRC Scientifics and Policy Reports – The Influence of the Common Agricultural Policy on Agricultural Landscape EUR 25459 EN:75; **Publications Office of the European Union: Brussels**, Belgium, 2012, doi:10.2791/94269.

LIMA, M.L.; ROMANELLI, A.; MASSONE, H.E. Assessing groundwater pollution hazard changes under different socio-economic and environmental scenarios in an agricultural watershed. **Sci. Total Environ.**, 530, 333–346, 2015. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.05.026.

MA, J.; SCOTT, N.R.; DEGLORIA, S.D.; LEMBO, A.J. Siting analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS. **Biomass Bioenergy**, 28, 591–600, 2005. doi:10.1016/j.biombioe.2004.12.003.

PAOLINI, V.; PETRACCHINI, F.; SEGRETO, M.; TOMASSETTI, L.; NAJA, N.; CECINATO, A. Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge. **J. Environ. Sci. Heal. Part A**, 53, 899–906, 2018. doi:10.1080/10934529.2018.1459076.

RACOVICANU, A.I.; KARNEY, B.W.; KENNEDY, C.A.; COLOMBO, A.F. Life-Cycle Energy Use and Greenhouse Gas Emissions Inventory for Water Treatment Systems. **J. Infrastruct. Syst.**, 13, 261–270, 2007. doi:10.1061/(asce)1076-0342(2007)13:4(261).

RAMMEL, C.; STAGL, S.; WILFING, H. Managing complex adaptive systems – A co-evolutionary perspective on natural resource management. **Ecol. Econ.**, 63, 9–21, 2007. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.12.014.

ROHSTOFFE, V. Biogas Basisdaten Deutschland–Stand: Oktober 2008. 7p. Very Short But Comprehensive Overview of the Biogas Situation in Germany; Biogas Zorg: Munich, Germany, 2019. Available online: [http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere\\_Basisdaten\\_Bioenergie\\_2018\\_web.pdf](http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere_Basisdaten_Bioenergie_2018_web.pdf) (accessed on 12 August 2019).

SAATY, T. Método de Análise Hierárquica; McGraw-Hill Makron Books: São Paulo, Brasil, p. 367, 1991.

SCARLAT, N.; FAHL, F.; DALLEMAND, J.-F. Status and Opportunities for Energy Recovery from Municipal Solid Waste in Europe. **Waste Biomass Valorization**, 10, 2425–2444, 2019. doi:10.1007/s12649-018-0297-7.

SPIGOLON, L.M.; GIANNOTTI, M.; LA ROCCA, A.P.; RUSSO, M.A.; SOUZA, N.D.C. Landfill siting based on optimisation, multiple decision analysis, and geographic information system analyses. **Waste Manag. Res.**, 36, 606–615, 2018. doi:10.1177/0734242x18773538.

STEINHÄÜBER, R.; SIEBERT, R.; STEINFÜHRER, A.; HELLMICH, M. National and regional land-use conflicts in Germany from the perspective of stakeholders. *Land Use Policy*, 49, 183–194, 2015. doi:10.1016/j.landusepol.2015.08.009.

THIRIET, P.; BIOTEAU, T.; TREMIER, A. Optimization method to construct micro-anaerobic digesters networks for decentralized biowaste treatment in urban and peri-urban areas. **J. Clean. Prod.**, 243, 118478, 2020. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118478.

TORRES-LIMA, P.; PINEL, S.L.; CONWAY-GÓMEZ, K. Adaptive Governance for Resilience of Peri-Urban Socioecological Systems. In *Resilient Cities*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, pp. 43–58, 2019.

WANG, J. Decentralized Biogas Technology of Anaerobic Digestion and Farm Ecosystem: Opportunities and Challenges. *Front. Energy Res.* 2, 2014. doi:10.3389/fenrg.2014.00010.

WINARSO, H.; HUDALAH, D.; FIRMAN, T. Peri-urban transformation in the Jakarta metropolitan area. **Habitat Int.**, 49, 221–229, 2015. doi:10.1016/j.habitatint.2015.05.024.

YOUNG, O.R.; BERKHOUT, F.; GALLOPIN, G.C.; JANSSEN, M.A.; OSTROM, E.; VAN DER LEEUW, S. The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research. **Glob. Environ. Chang.**, 16, 304–316, 2006. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.03.004.

## CAPÍTULO 6

### PAPEL DA AGRICULTURA NA CONSERVAÇÃO E AMPLIAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE FAUNA SILVESTRE NOS CANAVIAIS SOB MANEJO ECOLÓGICO

Data de submissão: 21/09/2021

Data de aceite: 07/10/2021

**José Roberto Miranda**

EMBRAPA TERRITORIAL

Empresa Brasileira de Pesquisa

Agro-Pecuária

Campinas SP – Brasil

CV

**RESUMO:** Os estudos sobre o papel das áreas agrícolas na conservação da fauna silvestre ainda são escassos. Os manejos empregados nesses sistemas exerce uma discriminação diferenciada sobre a composição dos povoamentos faunísticos. Hoje com as novas técnicas agrícolas como o plantio direto, agricultura orgânica, controle biológico de pragas está ocorrendo uma ampliação das possibilidades de ganho de espécies silvestres e aumento da biodiversidade. Esse projeto de pesquisa foi desenvolvido pela equipe da EMBRAPA Monitoramento por Satélite e pesquisadores colaboradores especialistas em fauna silvestre e visou detectar e caracterizar a biodiversidade de

vertebrados em território delimitado. A área de estudo compreende um conjunto de fazendas com 7.868 hectares sob cultivo orgânico e manejo ecológico, localizadas na região de Ribeirão Preto, SP. A Usina São Francisco iniciou há quase três décadas processos de restauração ecológica dos ambientes circunvizinhos das áreas de plantio de cana-de-açúcar em sistema de produção orgânico, além da preservação dos remanescentes. O aumento significativo da biodiversidade ao curso dos anos foi fruto da emergência espacial da flora e da complexidade da vegetação restaurada nas Áreas de Proteção Permanente. Foram realizadas campanhas de levantamentos de dados e monitoramento da fauna durante todo o ano e ao longo dos anos, os resultados confirmaram a eficácia dos métodos empregados. Foram registradas e identificadas 341 espécies de vertebrados silvestres no conjunto dos dez ambientes amostrados (27 anfíbios, 25 répteis, 246 aves e 43 mamíferos), das quais 49 das espécies são consideradas ou estão sob algum risco ou ameaça de extinção no estado de São Paulo. O itinerário metodológico adotado para avaliar a biodiversidade faunística permitiu atingir os objetivos da pesquisa e revelou-se plenamente adequado. Os resultados obtidos até o momento indicam que o cultivo em sistemas orgânicos, associado ao manejo ecológico tem ampliado a biodiversidade faunística.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura orgânica. Fauna silvestre. Espécies ameaçadas.

## ROLE PLAYED BY AGRICULTURE IN BIODIVERSITY CONSERVATION AND INCREASE IN SUGARCANE CROPS UNDER ECOLOGICAL MANAGEMENT

**ABSTRACT:** Studies on the role played by agricultural areas in wildlife conservation are still quite incipient. The kinds of management employed in these systems may promote a distinguished discrimination on the composition of animal settlements. This project was developed at EMBRAPA Satellite Monitoring, and aimed to detect and to characterize the vertebrates' biodiversity in a delimited territory. The study area includes 7,868 acres of farms under organic farming and ecological management at Ribeirão Preto, Southeastern Brazil. More than two decades ago, Usina São Francisco's staff began to restore the natural environment around the organic sugarcane crops and also to preserve the native remnants. The significant increase in biodiversity along the years was a result of the spatial spread of the flora and the complexity of the restored vegetation in the so called Permanent Protection Areas. These results were obtained through regular maintenance and sampling efforts. Data collection and wildlife monitoring campaigns were held over the years and in the course of each year. The results confirm that the employed methods were effective. A total of 341 wild vertebrates species were registered and identified in the ten sites studied altogether (27 amphibians, 25 reptiles, 246 birds and 43 mammals). Among those, 49 species are considered under extinction risk or threat in the São Paulo State's Red List. The methodological itinerary adopted to assess the faunal biodiversity enabled achieving the research objectives; proved itself adequate and confirmed its effectiveness. The results obtained so far indicate that organic farming systems associated with suitable ecological management favors the increase of faunal biodiversity.

**KEYWORDS:** Organic agriculture. Wildlife. Endangered species.

### 1 INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade da fauna contribui para a manutenção da vegetação, pois é certo que os animais são dispersores de sementes, polinizadores, etc (BRASIL, 1967; SMA-SP, 2010 a). A simples ocorrência de espécies de vertebrados silvestres em áreas agrícolas foi estudada de forma ainda muito incipiente. Pouca atenção tem sido conferida ao efetivo papel dos agroecossistemas na conservação da biodiversidade faunística (Beca et al., 2017). O tipo de manejo empregado nesses sistemas pode ser mais ou menos discriminante sobre a composição e estrutura dos povoamentos faunísticos. Pesquisadores da EMBRAPA Monitoramento por Satélite, colaboradores e especialistas em fauna silvestre têm desenvolvido pesquisas voltadas a compreensão de como os sistemas de produção pode apresentar maior ou menor sustentabilidade as populações de vertebrados silvestres. Um estudo vem monitorando há mais uma década a evolução da biodiversidade de vertebrados terrestres em sistemas de produção orgânico de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto, SP. A área de estudo abrange um conjunto de fazendas com 7.868 hectares com cultivo orgânico e manejo ecológico, cerca de 80% são representados pelas lavouras de cana-de-açúcar (Miranda & Miranda,

2004; Miranda, 2010; Miranda et al., 2011 (a, b); Miranda et al., 2012 (a, b, c); Ariedi Junior, 2013; Miranda & Ariedi Junior, 2013 (a, b)).

## 2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram múltiplos, eles visaram desenvolver, testar, adaptar e confirmar a eficácia de um itinerário metodológico de avaliação da biodiversidade de vertebrados silvestres em território delimitado. Assim como, analisar a qualidade da riqueza faunística de vertebrados silvestres existentes em uma propriedade cultivada com cana-de-açúcar orgânica e nos diversos ambientes adjacentes e toda gestão desse território está sob manejo ecológico. Houve uma atenção especial para a ocorrência de espécies de vertebrados silvestres consideradas em risco ou ameaça de extinção no estado de São Paulo.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende as áreas agrícolas 100% certificadas para produção orgânica, ambientes naturais preservados e restaurados associados pertencentes à Usina São Francisco, de acordo com mapeamento e cartografia do uso e cobertura das terras. O conjunto das fazendas está localizado nas Bacias hidrográficas dos Rios Pardo e Mogi-Guaçú, afluentes do Rio Paraná (Miranda & Miranda, 2004). Os grupos faunísticos foram amostrados através de combinações de métodos científicos não nocivos (sem captura, marcação e coleta) baseados em literatura especializada, amplamente utilizados e empregados em estudos de fauna silvestre. Os métodos utilizados no estudo ao longo dos anos foram, Procura Visual e Auditiva; Registro Visual e Auditivo; Procura com Veículo; Encontros Ocasiais e Armadilhas Fotográficas. Os métodos combinados foram empregados nas áreas que cortam e circundam todos os dez ambientes disponíveis à fauna silvestre presentes nas áreas agrícolas da Usina São Francisco e entorno, ao longo do dia, nos períodos matinal, crepuscular e noturno. O esforço amostral foi dimensionado para contemplar os 10 habitats faunísticos disponíveis à fauna, mas não necessariamente distribuídos em mesmo número de prospecções, mas também em virtude daqueles ambientes nos quais se detectou algum indício prévio da ocorrência de espécies de mamíferos silvestres ameaçados de extinção. A interpretação das imagens de satélite permitiu identificar dez habitats para a fauna: canaviais orgânicos, matas exóticas, várzeas com herbáceas, várzeas com matas ciliares, matas nativas restauradas, matas mistas em regeneração, matas nativas valetas de drenagem, matas em regeneração espontânea, campos em regeneração espontânea. Uma vez observados e/ou capturados, os indivíduos

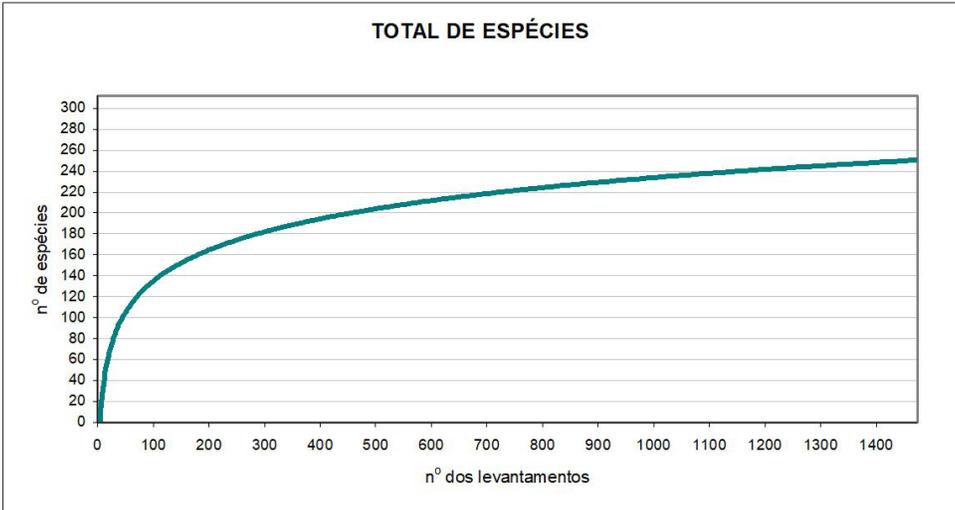
foram registrados e identificados ao menor nível taxonômico possível (espécie), sendo soltos a seguir, fotografados e gravados (vocalizações) quando possível, para registro e necessária identificação posterior através de comparações em bancos de dados. Todo e qualquer tipo de registro, direto e/ou indireto foi assinalado como registro presencial de espécie. O ciclo de variações sazonais, principalmente de umidade e temperatura, foi contemplado de maneira concomitante às possíveis flutuações de composição dos povoamentos, em termos de atividade biológica e de comportamento migratório de certas espécies em todos os estratos amostrados. Todos os levantamentos de coleta de dados para o inventário e monitoramento das espécies em campo foram realizados seguindo critérios e itinerários metodológicos definidos e utilizando o formulário previamente preparado, em campanhas regulares entre os anos de 2002 a 2013, nos 10 ambientes (habitats) mapeados e disponíveis à fauna silvestre nas áreas agrícolas, nos ambientes naturais preservados e restaurados associados pertencentes à Usina São Francisco (Miranda & Miranda, 2004; Miranda & Ariedi Junior, 2013 b).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado da manutenção na regularidade do esforço amostral, entre os anos de 2002 a 2016 foram registradas e identificadas 341 espécies de vertebrados silvestres no conjunto dos dez ambientes amostrados (27 anfíbios, 25 répteis, 246 aves e 43 mamíferos), das quais 49 das espécies são consideradas ou estão sob algum risco ou ameaça de extinção no estado de São Paulo, de acordo com o Decreto Estadual nº 56.031 (SMA-SP, 2010 b). São exemplos destas espécies ameaçadas, a anhuma (*Anhima cornuta*), o gavião-belo (*Busarellus nigricollis*), o maguari (*Ciconia maguari*) e o suiriri-cinzento (*Suiriri suiriri*); o cauré (*Falco ruficularis*), o chorozinho-de-bico-comprido (*Herpsilochmus longirostris*), o tuiuí (*Jabiru mycteria*), o sanhaçu-de-coleira (*Schistoclamys melanopis*), o João-grilo (*Synallaxis hypospodia*) e a estrelinha-preta (*Synallaxis scutata*); o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), o veado-mateiro (*Mazama americana*), o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e a onça-parda (*Puma concolor*), dentre outros. O valor de riqueza total pode ser considerado muito elevado. A curva de riqueza acumulada ilustra uma forte desaceleração no ganho de novas espécies à partir de 1400 levantamentos (figura 1). Somente nos canais orgânicos foi registrada aproximadamente uma centena de espécies de vertebrados silvestres. Tal fato se deve por estes serem colhidos sem queimada, com a cana crua, sem uso de agroquímicos, dentre outros fatores relacionados ao cultivo orgânico e ao manejo ecológico. Além do que, após a colheita fica sobre o solo uma biomassa vegetal de aproximadamente 20 toneladas por

hectare/ano que será decomposta pela biota do solo. Esses decompositores formam a base de uma pirâmide alimentar e satisfazem a dimensão alimentar desse nicho ecológico alimentar para vários vertebrados.

Figura 1: Curva de riqueza acumulada expressando o número de espécies detectadas em função do total de levantamentos realizados.



## 5 CONCLUSÕES

Os processos iniciados há mais de duas décadas pela Usina São Francisco de restauração ecológica, das Áreas de Proteção Permanente e de outros ambientes circunvizinhos das áreas de plantio de cana-de-açúcar foram fundamentais para a ampliação da riqueza específica. O aumento significativo da biodiversidade ao curso dos anos foi fruto da emergência espacial da flora e da complexidade da vegetação restaurada nas Áreas de Proteção Permanente. Elas estão localizadas ao longo dos cursos d'água, nos remanescentes florestais nativos ou implantados visando conectar diversos tipos de ambientes naturais. O itinerário metodológico adotado para avaliar a biodiversidade faunística permitiu atingir os objetivos da pesquisa e revelou-se plenamente adequado aos estudos em território delimitado. Os resultados obtidos através da manutenção na regularidade do esforço amostral, na qual foram realizadas campanhas de levantamentos de dados e monitoramento da fauna durante todo o ano e ao longo dos anos, confirmam a eficácia dos métodos empregados e a elevadíssima riqueza específica, 341 espécies de vertebrados silvestres, no tipo de sistema de produção de cana-de-açúcar estudado. Dentre elas 49 estão sob algum risco ou ameaça de extinção no estado de São Paulo e

são indicadores ecológicos da qualidade dos recursos naturais oferecidos nesse padrão de sistema agrícola. É seguro afirmar que a ampliação da biodiversidade de fauna silvestre se dá através da maior estabilidade espacial e temporal dos ambientes e da previsibilidade na crescente oferta de recursos disponíveis. Os resultados indicam interações cada vez mais harmoniosas e conciliatórias entre a conservação da fauna silvestre e os sistemas de produção. A manutenção da regularidade e continuidade deste estudo vem permitindo compreender como conciliar a biodiversidade faunística com as atividades agrícolas sem a perda na produção e produtividade. Anualmente, novas espécies são agregadas por processos naturais à comunidade animal e muitas delas vão encontrar possibilidades de implantação permanente. A manutenção das práticas orgânicas e de organização da colheita próprias à Usina São Francisco também são fundamentais para a conservação da biodiversidade. Atualmente, cerca de 20% dos canaviais estão anualmente em formação (cana-planta) e não são colhidos; eles cumprem um papel importante de refúgio para a fauna durante o período da colheita. Pode-se afirmar que as áreas de lavoura são percebidas pela fauna como uma extensão de seus nichos ecológicos de alimentação, reprodução e refúgio, além de servirem como corredores de deslocamentos nesse mosaico de ambientes. Os resultados obtidos mostram, de forma circunstanciada, a importância da estabilidade espacial e temporal do uso e cobertura das terras para a preservação e manutenção da biodiversidade da micro, meso e macrofauna. E demonstra de maneira efetiva a evolução da biodiversidade de fauna silvestre nos canaviais de cultivo orgânico com manejo ecológico. A tendência entre agricultura e fauna silvestre indicam que, relações mais harmoniosas deverão ocorrer e estão caracterizando a contribuição dos sistemas agrícolas para com as políticas públicas conservacionistas.

## LITERATURA CITADA

BECA, G.; VANCINE, M.H.; CARVALHO, C.S.; PEDROSA, F.; ALVES, R.S.; BUSCARIOL, D.; PERES, C.A.; RIBEIRO, M.C.; GALETTI, M. High mammal species turnover in forest patches immersed in biofuel plantations. 8p. **Biological Conservation**. (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.033>.

BRASIL. **Lei nº 5.197 de 03 de janeiro de 1967**, dispõe sobre a fauna e dá outras providências. D.O.F.C. – 05 de janeiro de 1967.

MIRANDA, J.R.; MIRANDA, E.E. DE. **Biodiversidade e Sistemas de Produção Orgânica: recomendações no caso da cana-de-açúcar**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 94 p., il. (Documentos, 27). 2004.

MIRANDA, J.R. Sustainable agricultural systems and faunal diversity: the case of organic sugarcane under agro-ecological management. In: Cortez, L.A.B. (Coord.). **Sugarcane bioethanol R&D for productivity and sustainability**. Edgard Blücher Ltda: São Paulo, SP, Brazil. p. 141-150. 2010.

MIRANDA, J.R.; ARIEDI JUNIOR, V.R.; BEYER, D.D. **Sistemas agrícolas sustentáveis e biodiversidade faunística: o caso da cana-de-açúcar sob cultivo orgânico e manejo ecológico.** In: X CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. SOCIEDADE DE ECOLOGIA DO BRASIL. 2011. Resumos. São Lourenço, MG.: SEB, 2011 (a).

MIRANDA, J.R.; ARIEDI JUNIOR, V.R.; BEYER, D.D. **Levantamento faunístico e avaliação da biodiversidade em agroecossistemas da Bacia do Rio Pardo.** In: X Congresso de Ecologia do Brasil. Sociedade de Ecologia do Brasil. 2011. Resumos. São Lourenço, MG.: SEB, 2011 (b).

MIRANDA, J.R.; ARIEDI JUNIOR, V.R.; FERRAZ, J.M.G. **Consequências do cultivo orgânico de cana-de-açúcar, sob manejo ecológico sobre a biodiversidade faunística.** VI Workshop Agroenergia. Resumos...Ribeirão Preto, SP. 2012 (a).

MIRANDA, J.R.; ARIEDI JUNIOR, V.R.; FERRAZ, J.M.G. **Cultivo orgânico da cana-de-açúcar, manejo ecológico e biodiversidade faunística.** In: VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista. ANAP-Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista. 2012. Resumos...UNESP, Campus Experimental de Tupã, SP.: ANAP, 2012 (b).

MIRANDA, J.R.; ARIEDI JUNIOR, V.R.; BERGAMO, L.W. **Cultivo orgânico da cana-de-açúcar, manejo ecológico e biodiversidade faunística associada.** Workshop Insumos para agricultura sustentável. Resumos...Pelotas, RS. 2012 (c).

MIRANDA, J.R.; ARIEDI JUNIOR, V.R. **Biodiversidade de fauna silvestre em sistema de produção de cana-de-açúcar orgânica.** In: XI Congresso de Ecologia do Brasil & I Congresso Internacional de Ecologia: biodiversidade e sustentabilidade. Sociedade de Ecologia do Brasil. 2013. Resumos. Porto Seguro, BA.: SEB, 2013 (a).

MIRANDA, J.R.; ARIEDI JUNIOR, V.R. **Cultivo orgânico da cana-de-açúcar, manejo ecológico e biodiversidade faunística associada.** VII Workshop Agroenergia. Resumos...Ribeirão Preto, SP. 2013 (b).

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resolução SMA-025, de 30 de março de 2010, Estabelece os critérios da gestão de fauna silvestre, no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado – D.O.E. - 31 de março de 2010.**

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Decreto Estadual nº 56.031, de 20 de julho de 2010, *Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas, as Quase Ameaçadas, as Colapsadas, Sobrexplotadas, Ameaçadas de Sobrexplotação e com dados insuficientes para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas.* Lista das espécies da fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo. **Diário Oficial da União – D.O.U. - 21 de julho de 2010.**

# CAPÍTULO 7

## CARACTERIZACIÓN MEDIANTE INDICADORES AGROECOLÓGICOS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAMPESINO PARA EL FORTALECIMIENTO ALIMENTARIO

*Data de submissão: 05/10/2021*

*Data de aceite: 21/10/2021*

**Gustavo Adolfo Alegría Fernández**

Docente Universidad del Cauca  
Popayán, Colômbia  
CV

**RESUMEN:** La investigación se centró en la caracterización y evaluación agroecológica de 11 fincas a partir de indicadores de sustentabilidad, este trabajo se planteó desde la Investigación Acción Participativa IAP; ello permite un proceso recíproco entre el investigador y el productor, horizontal, de intercambio de saberes, en el cual prevalece el relacionamiento sujeto-sujeto. En este caso se evidencia la deficiencia en el acompañamiento técnico, y con la investigación permitió fortalecer procesos productivos e identificar las posibles rutas de transición a sistemas sustentable para la producción campesina. El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Rosas, vereda El Diviso, en la Asociación de Productores Agropecuarios del Municipio de Rosas “ASPROAMUR”, con un número total de asociados 105 productores; 14 productores en transición a producción orgánica; con 176 fincas cafeteras y 467 hectáreas, distribuidas en 575 familias. El desarrollo metodológico se

dio en tres partes; en la primera se aplicaron las guías de campo, se registró la información de del sistema productivo y sus subsistemas; luego viene una evaluación con una batería de indicadores que mide el nivel de sustentabilidad y la tercera parte se genera una ruta de transición agroecológica. Los resultados después de esta investigación ratifican que los sistemas productivos diversificados e integrados, tienen potencial de autosuficiencia alimentaria, son resilientes a los trastornos y cambios bruscos ambientales y generan una mayor rentabilidad y cuidado de la naturaleza.

**PALABRAS CLAVES:** Investigación acción participativa. Apropiación social. Cambio climático. Agricultura industrial e indicadores de sustentabilidad.

### CHARACTERIZATION BY AGROECOLOGICAL INDICATORS OF PEASANT PRODUCTION SYSTEMS FOR FOOD STRENGTHENING

**ABSTRACT:** The research focused on the characterization and agroecological evaluation of 11 farms based on sustainability indicators, this work was raised from the Participatory Action Research IAP; this allows a reciprocal process between the researcher and the producer, horizontal, of knowledge exchange, in which the subject-subject relationship prevails. In this case, the deficiency in technical support is evident, and with the research it allowed to strengthen productive processes

and identify possible routes of transition to sustainable systems for peasant production. The work was carried out in the municipality of Rosas, El Diviso village, in the Association of Agricultural Producers of the Municipality of Rosas “ASPROAMUR”, with a total number of associates 105 producers; 14 producers in transition to organic production; with 176 coffee farms and 467 hectares, distributed in 575 families. The methodological development took place in three parts; In the first, field guides were applied, information on the production system and its subsystems was recorded; then comes an evaluation with a battery of indicators that measures the level of sustainability and the third part generates an agroecological transition route. The results after this research confirm that diversified, integrated production systems have the potential for food self-sufficiency, are resilient to environmental shocks and abrupt changes, and generate greater profitability and care for nature.

**KEYWORDS:** Participatory action research. Social appropriation. Climate change. Industrial agriculture and sustainability indicators.

## 1 INTRODUCCIÓN

La agricultura familiar campesina, hoy requiere mantener sistemas productivos diversificados, integrados y autosuficientes, por ello cobra gran importancia hablar de los Sistemas Integrados de Producción Agropecuarios – SIPAS (Marasas et al., 2015). Desde una perspectiva regional en el departamento de Cauca-Colombia, los SIPAS pueden proporcionar una alternativa productiva al fortalecimiento de la soberanía alimentaria y a la economía campesina, indígena y afro, en este sentido es necesario el apoyo a procesos investigativos que permitan caracterizar y evaluar los sistemas productivos que existen en un territorio en torno a los SIPAS con un cultivo principal que puede ser agrícola o pecuario (Acevedo O & J., 2018). La organización social de ASPROAMUR impulsa y sustenta su producción bajo esta propuesta, la cual les permite generar un proceso agroecológico y territorial apoyado desde lo cultural, lo político y en la economía propia.

Está en riesgo la soberanía alimentaria, ello, es aprovechado por el mercado capitalista donde los sistemas alimentarios industriales impulsan la masiva venta de agro insumos químicos, este manejo de fertilización química logran generar una solución rápida pero a corto plazo, toda vez que deteriora el ambiente debido a su constante e intensivo uso (Naredo, 2007); la indebida aplicación de insumos químicos contamina el agua, disminuye la biodiversidad macro y microbiológica del suelo y por ende, la disminución del potencial productivo de los suelos, acompañado del aumento de la dependencia externa de insumos, que disminuye el ingreso percibido por parte del productor o productora (Lef, 1993). A la vuelta de algunos años, genera en las fincas consecuencias irreversibles, un desbalance alimentario, un deterioro de los suelos, aumenta la salinidad o acidez del suelo, una marcada reducción de microorganismos edáficos, disminuye su capacidad de

almacenamiento de agua y nutrientes (Gliessman et al., 2007). Los campesinos se ven cada vez más afectados por la presión de un mundo más globalizado donde prima una alimentación externa al territorio, se necesita producir más rápido, más volumen y más barato, obligando a los cultivadores a la adopción de paquetes tecnológicos para producir sus propios alimentos, pero con una mayor dependencia, que implican un desbalance negativo de los costos de producción (González, 2012). La implementación de la Revolución Verde, erosiona los conocimientos y prácticas alimentarias que garanticen una frecuencia, calidad y cantidad de alimento, es urgente entonces promover el diseño y modelos de producción diversificados, integrados y autosuficientes, donde predomine el cuidado de la naturaleza, las semillas criollas, los circuitos cortos, la alimentación sana, que garanticen en un territorio un abastecimiento alimentario propio (Toledo et al., 2008).

El sustento de esta investigación se realizó en la vereda El Diviso está ubicado al sur del Municipio de Rosas, departamento del Cauca-Colombia. El municipio está en la región centro-oriental del departamento del Cauca, entre las 2°15'2" N y 2°20'15" N, y entre los 76°36'32" W y 76°50'40" W, sobre el flanco occidental de la cordillera Central. Su cabecera está localizada a los 02°15'47" N y 76°44'40" W. El rango de altitudes del municipio oscila entre los 900 msnm y los 2.600 msnm; su sector agropecuario tiene su base económica en la caficultura y producción de caña panelera, con un repunte importante en cultivos de tomate y otros tradicionales como yuca, plátano, lulo y otros frutales.

Esta propuesta de investigación, epistémica y práctica, reivindica que existen otras formas de relacionarnos con la naturaleza y en ese camino validar modelos sustentables, que garanticen una soberanía alimentaria (Alegría, 2019). La metodología desarrollada se divide en tres momentos: primero, el levantamiento topográfico y la caracterización de los sistemas y subsistemas productivos, realizando una descripción de los sistemas agrícolas, pecuarios, forestales, los procesos de agroindustria y dinámicas comerciales; el segundo momento se determina participativamente con el productor/a el estado de la sustentabilidad por medio de indicadores que permiten medir la sustentabilidad de la finca, se califica de 0 a 5, donde el valor de 5 es la situación ideal de un sistema productivo en términos de sustentabilidad y cero (0) como la situación más deficiente; el tercer momento, propone el diseño y el plan de manejo mediante una ruta consensuada de transición agroecológica con enfoque territorial, que permite planificar a corto, mediano y largo plazo actividades que dan soluciones a necesidades encontradas, al final el propósito es avanzar hacia un sistema integrado de producción agropecuario SIPA (Acevedo, O.A. y Arlex, A.L. 2013; GUTIÉRREZ V et al., 2013), que pueda garantizar una soberanía alimentaria a la finca y su entorno.

Los aciertos de esta investigación, afirman que las fincas que están trabajando con los SIPAS, garantizan la permanencia de una producción sustentable y como tal dan un soporte a los procesos alimentarios territoriales locales (Alexandre et al., 2017). Así como también es necesario que las fincas que aún no poseen este manejo, es prioritario que realicen la transición hacia los SIPAS, según cada condición ambiental, cultural, social y económico (Sevilla, E. 2004; Gliessman et al., 2007) y que esos lugares se conviertan también en espacios de abastecimiento alimentario que se denominan fincas escuelas demostrativas agroecológicas.

## 2 MÉTODO

El enfoque metodológico será descriptivo cualitativo, la metodología incluye, la caracterización de finca, la evaluación mediante indicadores de sustentabilidad, la generación de una ruta de transición agroecológica y la propuesta de un sistema integrado de producción agropecuaria. Para llevar a cabo este trabajo se realizan 4 salidas de campo.

En la primera salida, se realiza el trabajo de caracterización, lo que se hace es diligenciar unas guías de campo, junto con el productor haciendo un recorrido alrededor de la finca para ir conociendo el sistema productivo y cada uno de los subsistemas que la integran (Forestal, agrícola y pecuario). Se elabora un mapa de uso actual, y luego de la evaluación y ruta de transición se plantea un mapa soñado; también se evalúan las principales actividades productivas de la zona y la finca, las características del suelo, los bosques y las fuentes de agua, los roles de los miembros de la familia y la participación de mujeres y jóvenes, el destino de la producción, la participación en procesos comunitarios, organizativos y las instituciones que apoyan los procesos organizativos y productivos (Alegria, 2021).

La evaluación de indicadores de sustentabilidad, se realiza en la segunda salida, donde se evalúan todos los aspectos tanto positivos como negativos, para así poder identificar los problemas o fallos que presenta cada finca en los componentes, ambientales, económicos, socio culturales, técnico agrícola y técnico pecuario, aquí junto al productor se evalúa la finca calificando de 0 a 5 (Alegria, 2021).

La ruta de transición se realiza en la tercera salida, donde cada productor, plantea una propuesta de la ruta de transición, el cual se concretan metas comunes con el investigador, con el fin de que se defina la proyección y el diseño de un sistema integrado de producción agrario sostenible, introduciendo compromisos y beneficios al futuro, contribuyendo así a dar un mejor uso a los recursos naturales disponibles y mejorando

la sustentabilidad de la finca, un plan a corto, mediano y largo plazo. En la cuarta y última salida, se socializa a los productores los resultados del trabajo.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Rosas, con las familias pertenecientes a la organización de ASPROAMUR, se trabajó con 11 fincas, es decir, con 45 beneficiarios directos y 180 indirectos, el fin es fortalecer procesos organizativos y productivos. En la siguiente (tabla:1) se condensan los valores numéricos de cada dimensión, económica, ambiental, sociocultural, técnico pecuaria y agrícola, al igual que el promedio por unidad productiva y el promedio por cada dimensión, proporcionando una información actual para la toma de decisiones, en el momento de planificar la unidad productiva y el accionar en el territorio.

Tabla 1. Promedio de indicadores de las 11 fincas del Municipio de Rosas.

# FINCA	INDICADORES ECONÓMICOS	INDICADORES AMBIENTALES	INDICADORES SOCIO CULTURALES	INDICADORES TÉCNICO PECUARIO	INDICADORES TÉCNICO AGRÍCOLA	SUSTENTABILIDAD POR UNIDAD PRODUCTIVA
1	2,8	3,2	3,1	3,2	2,9	3,04
2	2,7	2,6	1,6	no aplica	2,7	2,40
3	3,5	4,2	4,4	4,4	4,2	4,14
4	3,2	2,7	3,5	3,5	3,4	3,26
5	4,3	4,4	4,8	no aplica	4,5	4,50
6	3,6	2,6	3	2,9	3,3	3,08
7	3,2	4	3,6	3,7	3,6	3,62
8	2,8	3	3	3,4	3,3	3,10
9	3	3,1	3,2	3	2,9	3,04
10	3,9	4,2	4,4	4,3	4,3	4,22
11	3,4	4,4	3,9	4,6	4,1	4,08
<b>PROMEDIO GENERAL</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>3,6</b>	

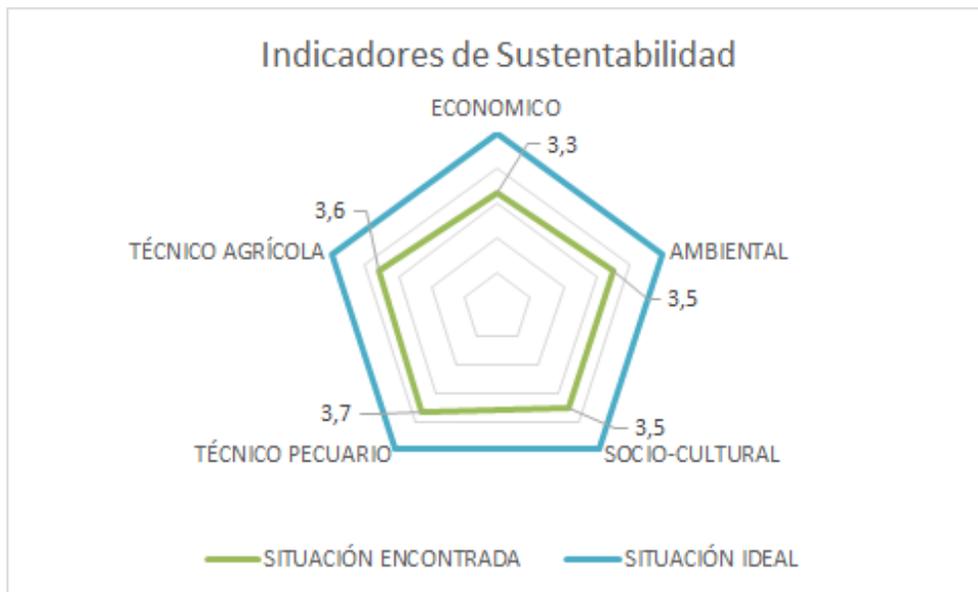
Fuente: propio autor del trabajo

La evaluación de las once fincas mediante indicadores de sustentabilidad permite medir el estado actual de las fincas, e identificar las alertas de deterioro ambiental, económico y social en las unidades productivas (Sarandón, S. y Claudia, F. 2014). La matriz representa la evaluación por indicadores de las once fincas caracterizadas donde se evaluó:

La dimensión economía: el indicador fue 3,3, debido a que los productores reciben muy pocos ingresos por sus productos y la mayoría depende de insumos externos. En la dimensión ambiental: el promedio de las fincas es de 3,5 manteniendo un manejo aceptable. Realizan actividades de reforestación y mantienen relitos de bosques y algunos conectores. En la dimensión socio cultural: el indicador es de 3,5 debido al grado de participación de la finca en procesos organizativos, asistencia a reuniones, liderazgo en la zona, conformación de la organización ASPROMUR y la gestión en procesos de soberanía alimentaria que generan en la finca. La dimensión técnica pecuaria: es una de las mayores valor de 3,7 debido a que el componente animal en los sistemas integrados de las fincas, está desarrollado en su totalidad, teniendo el principio de integración de las unidades productivas. En la última dimensión técnica agrícola: las fincas vienen desarrollado procesos de recuperación de semillas propias y el fortalecimiento de la soberanía alimentaria, con una calificación de 3,6 que es aceptable, pero se deben generar estrategias de mejoramiento.

La evaluación por indicadores de sustentabilidad permite medir el estado de cada indicador en las fincas e identificar las prácticas y acciones que alertan un deterioro ambiental, económico y social en las unidades productivas y tomar medidas para reducir ese impacto negativo (Nicholls & Altieri, 2018), para este caso de estudio la finca 5 tiene los mejores indicadores de sustentabilidad.

Figura 1. Consolidado de indicadores de sustentabilidad de las 11 fincas de Rosas.



Fuente: propio autor del trabajo.

En la evaluación de indicadores de sustentabilidad, la gráfica anterior muestra la calificación de los indicadores de sustentabilidad a nivel de paisaje, como se puede observar los indicadores ambientales y sociales tienen una calificación de 3.5, debido a que ya tienen una organización ASPROAMUR; participan en mingas, se reúnen constantemente en la sede de la organización, a planificaciones conjuntas, y gestionan asesorías técnicas y mantienen un acompañamiento en la organización, en lo ambiental también la mayoría cuida los recursos naturales, se ven variedad de árboles, asociados al cultivo de café y gran cantidad de biodiversidad en las áreas de los bosques de sus unidades productivas, la mayoría tienen fuentes hídricas en la parte de debajo de las fincas, hay árboles para que no se sequen las fuentes hídricas, sin embargo, las quebradas está siendo contaminada por las aguas residuales, de las cocheras de los cerdos y las mieles del café en su beneficio.

En cuanto a los indicadores técnico pecuarios, son los más altos con una calificación de 3,7, esto debido a que casi todas las fincas tienen el componente pecuario y lo integran al componente agrícola y forestal, en la mayoría se les brinda bienestar animal, llevan registros de sanidad y alimentación; el componente técnico agrícola también muestra una calificación de 3.6, esto se debe a que los cultivos de café están intercalados con plátanos, árboles y otros cultivos, tienen un arreglo espacial, cabe resaltar que la mayoría han renovado los cafetales y los han organizado con distancias de siembra, de modo que se ve ordenado; respecto a los indicadores económicos, en la mayoría de fincas hay un flujo de caja constante, pero no suficiente.

Con el análisis de la información de campo se construye y se promueve participativamente una ruta de transición agroecológica para el diseño de las fincas como sistemas integrados de producción SIPAS (Sarandón & Flores, 2014).

Figura 2. Nivel de sustentabilidad de las fincas caracterizadas de Rosas.



Fuente: propio autor del trabajo.

En la gráfica se determina con el color azul las fincas que están con la calificación de 4 o superior a 4, se convierten en las fincas escuelas demostrativas agroecológicas en la región, las fincas 3, 5 y 10, por los altos índices de sustentabilidad en cada una de las dimensiones evaluadas, serían fincas referentes; los puntajes superior a 3, son las fincas que están en transición, en las cuales se debe mejorar algunas prácticas agroecológicas para alcanzar mayores niveles de sustentabilidad, para este caso son las fincas 1, 4, 6, 7, 8 y 11, y las fincas que están en 3 o por debajo de la puntuación de 3, que son las fincas 1, 2 y 9 las cuales se identifican muchas limitantes productivas y vulnerables a los cambios climáticos; con estos insumos se desarrolla para cada una de las fincas junto al propietario un diseño un plan de trabajo a corto, mediano y largo plazo que se consolida en una ruta de transición agroecológica que permite llegar a la situación deseada, a un nivel de sustentabilidad en cada finca de rango o nivel 5 situación ideal que se busca en todas las dimensiones, Ambiental. Económica. Socio cultural y técnico productivo (Sarandón & Flores, 2014).

#### 4 CONCLUSIONES

Los campesinos tienen una serie de prácticas distintas a las encontradas en los sectores industriales, producto de valores y cosmovisiones resultado de las interacciones ecológicas, sociales y económicas contiguas, fundadas en la cooperación y la solidaridad, que están presentes en su diario vivir; elementos que facilitan el trabajo comunitario y

organizativo, consolidando esfuerzos por la pervivencia, el rescate y apropiación de las identidades, las formas de vida y prácticas campesinas coherentes con las realidades locales, “una identidad específica se desprenden de prácticas significantes concretas, de las interacciones específicas entre diversos individuos donde se evidencia la multiplicidad de sus significados” (Restrepo, 2006). La agroecología que reivindica las prácticas de producción sustentable de los campesinos, porque están mediadas por la diversidad, resiliencia, autosuficiencia, interacciones entre subsistemas y la relaciones del campesinado con su territorio y su entorno productivo, ya que busca trabajar a favor de la Naturaleza y no en contra de sus principios (Altieri, M. y Nicolls, C. 2009), esta lógica campesina permite aportar a una producción sustentable sin agotar los recursos naturales o bienes comunes, garantizando su disponibilidad en el ahora y el futuro (Israel da Silva, V. 2004); entonces esas prácticas han pasado del desprecio, a la alternativa de tener una escape a los modelos de la agricultura industrial impuestas en el mundo por la Revolución Verde. Estas prácticas permiten tener una producción de alimento sustentable; en cuanto a bienes y servicios por su multifuncionalidad, que incrementa la producción y productividad al permitir diversificar la generación de bienes y servicios tales como: alimentos, fibras, combustible, materiales para construcción, tejidos y artesanías; al igual que la diversificación del ingreso a nivel económico permite mantener un flujo permanente y diversificado de productos al mercado que garanticen ingresos permanentes y mejorar flujos de caja a lo largo del año; generar procesos de ahorro a corto, mediano y largo plazo; minimizar riesgos y costos, definir el cultivo principal y la diversidad biológica de su finca le permite una diversidad económica a sus ingresos; estas prácticas inciden en garantizar una soberanía alimentaria a las familias campesinas, mejorando su dieta alimenticia, las fincas con altos niveles de sustentabilidad ofrecen un gran potencial para mejorar la seguridad y soberanía alimentaria de la familia y sus animales (por autoproducción, intercambios, compra); estimular procesos de recuperación y conservación de semillas, especies vegetales y animales y el conocimiento tradicional; diversificar y ampliar mercados y acceder a nichos específicos para mejorar comercialización y precios; optimizar la distribución del trabajo en el tiempo y entre integrantes de la familia, indiscutiblemente las prácticas mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, evitan la erosión y mejorar cobertura; elevar la fertilidad, disponibilidad y ciclaje de nutrientes y materia orgánica, y reducir su laboreo; el mejor cuidado del agua su aprovechamiento y retención en el sistema, regular caudales, favorecer infiltración, y reducir contaminación, la energía solar es aprovechada en sistemas multiestratos optimizando el aprovechamiento del espacio, la captura de luz solar, la producción de biomasa y la eficiencia energética del sistema; el control biológico mejora la sanidad del sistema a partir del manejo

adecuado de poblaciones potencialmente patógenas y sus controladores naturales y la utilización de recursos locales, reduciendo la aplicación de insumos externos y agro tóxicos, al restablecer equilibrios naturales y dinámicas poblacionales, apoyar procesos de restauración de ecosistemas degradados; optimizar el uso y aprovechamiento de recursos disponibles en cada ecorregión, reducir impactos ambientales de los procesos productivos e incrementar y generar nuevas funciones ecosistémicas, que son esenciales para mantener y fortalecer una soberanía alimentaria en un territorio campesino.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo O, Á., & J., N. (2018). Agroecología. Experiencias comunitarias para la agricultura familiar en Colombia. In *Agroecología. Experiencias comunitarias para la agricultura familiar en Colombia*. Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.12804/tp9789587842326>

Acevedo, O.A. y Arlex, A.L. (2013). Metodología para la Evaluación de Sustentabilidad, a partir de indicadores locales para el diseño y desarrollo de programas agroecológicos - MESILPA. 1 Ed. Bogotá (Colombia): Corporation Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO,.

Alegria, G. (2019). La agroecología una estrategia de educación ambiental. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Alegria, G. (2021). Metodología de Caracterización y Evaluación de la Sustentabilidad, a partir de Indicadores, para el Diseño de Sistemas Cafeteros Agroecológicos. Capitulo de libro Agrária: pesquisa e inovação nas ciências que alimentam o mundo V. Brasil.

Alexandre, J., Da Costa, A., Jesús Pérez Luna, E., Giovanni, S., Villafuerte, E., Kichel, A. N., & Reis, F. A. (2017). *SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA-SIPA, TODOS LOS MOTIVOS PARA INICIARLOS*.

Altieri, M. y Nicolls, C. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: Impactos y respuestas adaptativas. *Leisa Revista de Agroecología Perú*, 24(4); 5-8.

Borda, O. F. (1999). Orígenes universales y retos actuales de la IAP. In *Análisis Político* (Issue 38). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/anpol/article/view/79283>

Colmenares E., A. M. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios. Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102-115. <https://doi.org/10.18175/vys3.1.2012.07>

Forero, A. (2016). *Contribución al entendimiento de la adaptabilidad y la resiliencia de la economía campesina colombiana*.

Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V. E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C., & Jaffe, R. (2007). *Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad Part of the Environmental Studies Commons Recommended Citation*. <http://scholarcommons.scu.edu/ess>

Gutiérrez V, L. A., Ruiz M, L. R., VIVAS-QUILA, N. J., & LONDOÑO-VELEZ, L. A. (2013). Diseño De Un Sistema Integrado De Producción Agropecuaria En El Municipio De Popayán (Cauca) Tt - Design of an Integrated System for Agricultural Production in the Popayán (Cauca) Municipality Tt - Desenho De Um Sistema Integrado De Produção Agropecuári. *Biociencia En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 164-172.

Lef, E. (1993). *SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES*.

Israel da Silva, V. (2004). *Clase campesina. Modo de ser, de vivir y producir*. 1ª Edición, Porto Alegre; Padre Josimo 2014. 2014.

Marasas, M., Blandi, M. L., Dubrovsky Berensztein, N., & Fernández, V. (2015). MARCO TEÓRICO TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA: CARACTERÍSTICAS, CRITERIOS Y ESTRATEGIAS. DOS CASOS EMBLEMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA. In *Agroecología* (Vol. 10, Issue 1). <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300731>

Naredo, M. (2007). *Las raíces económicas del deterioro ecológico y social*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2512713>

Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2018). Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(10), 1170–1193. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1499578>

Restrepo, E. (2006). *Identidades: planteamientos teóricos y sugerencias metodológicas para su estudio*. 1 Ed. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca.

Sarandón, S. y Claudia, F. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*, 1ª ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata.

Sevilla, E. (2004). *La Agroecología como estrategia metodológica de transformación social*, Córdoba: ISEC, UCO.

Spers, E. E. (2020). Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo IV. In *Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo IV*. Editora Artemis. [https://doi.org/10.37572/edart\\_255311220](https://doi.org/10.37572/edart_255311220)

Toledo, / V M, Barrera-Bassols, N., Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural : la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales* POLITICAL ECOLOGY: STRUGLESS FOR LIFE IN MEXICO View project Ethnopedology View project. <https://www.researchgate.net/publication/31865682>

# CAPÍTULO 8

## METODOLOGIAS ALTERNATIVAS DE APRENDIZAGEM: ESTUDO ETNOBOTÂNICO EM QUINTAIS URBANOS

Data de submissão: 20/10/2021

Data de aceite: 29/10/2021

### Angelo Gabriel Mendes Cordeiro

Laboratório de Genética Vegetal e  
Biologia Molecular, UNEMAT/AF  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/3851613520454092>

### Elisa dos Santos Cardoso

Laboratório de Genética Vegetal e  
Biologia Molecular, UNEMAT/AF  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/7863449442902495>

### Marraiane Ana da Silva

Escola Estadual Rui Barbosa  
Alta Floresta/MT  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/9570947030671435>

### Patrícia Ana de Souza Fagundes

Laboratório de Genética Vegetal e  
Biologia Molecular, UNEMAT/AF  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/9746462661902341>

### Edimilson Leonardo Ferreira

Laboratório de Genética Vegetal e  
Biologia Molecular, UNEMAT/AF  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/2332703216323078>

### Gerlando da Silva Barros

Escola Estadual Rui Barbosa  
Alta Floresta/MT  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/3017540478404623>

### Vantuir Pereira da Silva

Escola Estadual Rui Barbosa  
Alta Floresta/MT  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/2264163316117067>

### Celia Regina Araújo Soares Lopes

Herbário da Amazônia Meridional  
UNEMAT/AF  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/4467980550604622>

### Ana Aparecida Bandini Rossi

Laboratório de Genética Vegetal e  
Biologia Molecular, UNEMAT/AF  
Alta Floresta – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/2734433144153549>

**RESUMO:** Quintais urbanos são espaços de conservação de diversidade vegetal e podem atuar como espaços alternativos de ensino-aprendizagem, possibilitando a aprendizagem de conteúdos da área de Ciências Naturais e o trabalho multidisciplinar. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento das espécies medicinais cultivadas em quintais da comunidade escolar da Escola Estadual Rui Barbosa, Alta Floresta, Mato Grosso, e

apresentá-los como espaço alternativo de aprendizagem. Foram visitados 20 quintais, onde, além do levantamento etnobotânico, se discutiu aspectos botânicos e taxonômicos das espécies observadas. Foram registradas 30 etnoespécies, sendo que para as 10 de maior ocorrência, realizou-se uma pesquisa quanto a sua utilização como fitoterápico. As atividades desenvolvidas no decorrer do projeto estimularam a pesquisa, a análise crítica e argumentação, possibilitando o trabalho multidisciplinar e reafirmando a importância do protagonismo estudantil no processo de ensino-aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Etnoespécies medicinais. Protagonismo estudantil. Multidisciplinaridade.

## LEARNING ALTERNATIVE METHODOLOGIES: STUDY ETHNOBOTANY IN URBAN BACKYARDS

**ABSTRACT:** Urban backyards are spaces for the conservation of plant diversity and can act as alternative teaching-learning spaces, enabling the learning of contents in the area of Natural Sciences and multidisciplinary work. The objective of this work was to carry out a survey of medicinal species grown in backyards of the school community of the Rui Barbosa State School, Alta Floresta, Mato Grosso state, and to present them as an alternative learning space. Twenty backyards were visited, where, in addition to the ethnobotanical survey, botanical and taxonomic aspects of the species observed were discussed. Thirty ethnospecies were registered, and for the 10 most frequent, a research was carried out regarding its use as a herbal medicine. The activities developed during the project stimulated research, critical analysis and argumentation, enabling multidisciplinary work and reaffirming the importance of student protagonism in the teaching-learning process.

**KEYWORDS:** Medicinal ethnospecies. Student protagonism. Multidisciplinarity.

## 1 INTRODUÇÃO

Quintais urbanos são considerados bancos de recursos genéticos de grande relevância para os seres humanos, enquanto a agricultura urbana praticada nos quintais domésticos contribui para a melhoria do microclima, aumento da biodiversidade local e para a economia familiar. O cultivo em quintais não conserva apenas recursos vegetais, mas também grande riqueza de conhecimentos fundamentados no saber e na cultura dos moradores locais e que são passados de geração para geração (PASA; SOARES; NETO, 2005; BOUKHARAEVA et al., 2005; SIVIERO et al., 2012).

Os quintais urbanos apresentam-se ainda como um espaço alternativo para o processo de ensino-aprendizagem, uma possibilidade de estender as práticas pedagógicas para além das paredes da sala de aula, motivando e envolvendo o aluno no processo de construção do conhecimento, uma vez que permite o desenvolvimento de metodologias que visem à interação entre o conhecimento empírico e o saber científico

abordado durante as aulas em ambiente formal de aprendizagem (JACOBUCCI, 2008). As atividades práticas são fundamentais na construção do pensamento científico, tendo em vista que aguçam a observação, manipulação e construção do conhecimento, sendo que quanto maior o envolvimento do estudante, melhor o seu aprendizado (BARTZIK; ZANDER, 2016; SILVA et al., 2015).

Dentre as atividades práticas que podem ser realizadas utilizando os quintais urbanos como espaço de aprendizagem para o ensino de ciências da natureza está à realização de levantamentos etnobotânicos, que permitem aos alunos aprender sobre a identificação informal dos grupos vegetais, sua morfofisiologia e as diversas possibilidades de utilização das plantas. Para Florentino, Araújo e Albuquerque (2007), o desenvolvimento deste tipo de estudo possibilita maior entendimento dos aspectos culturais, sociais, econômicos e ecológicos das populações humanas, evidenciando assim, a contribuição destes estudos para diversos aspectos da educação e da Ciência.

Considerando o exposto, o presente trabalho teve por objetivo apresentar os quintais urbanos como espaço alternativo de aprendizagem, bem como realizar levantamento da biodiversidade de espécies de plantas medicinais cultivadas em quintais da comunidade escolar da Escola Estadual Rui Barbosa (EERB), Alta Floresta, Mato Grosso, e proporcionar a interação entre as instituições de ensino superior e de educação básica.

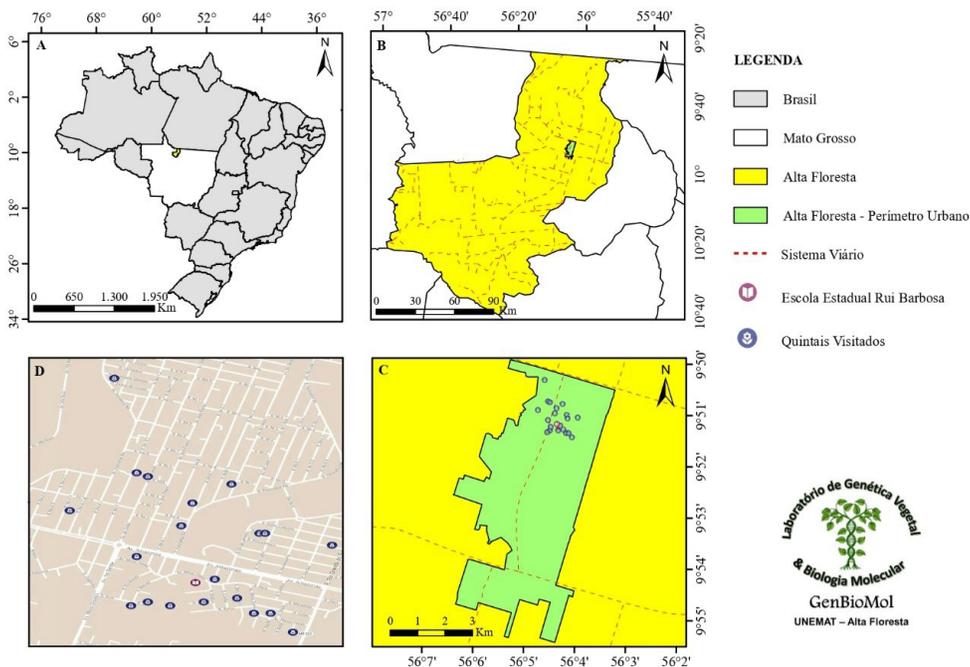
## 2 METODOLOGIA

O presente estudo, parte do projeto “Diferentes espaços educativos de aprendizagem usando a temática plantas medicinais cultivadas em quintais urbanos”, foi desenvolvido por meio de parceria entre o Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular (GenBioMol) da Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), campus de Alta Floresta, e a Escola Estadual Rui Barbosa (EERB), localizada na zona urbana do mesmo município. Foram realizadas reuniões com o corpo docente e equipe gestora da EERB, para apresentação do projeto, elaboração do planejamento, do cronograma das atividades e formação de uma equipe multidisciplinar para explorar os dados obtidos.

Definidos os professores participantes, os mesmos, em conjunto, decidiram que o projeto seria desenvolvido com os alunos do ensino médio, modalidade regular, do período matutino. O projeto foi apresentado aos alunos e, após esclarecidas todas as dúvidas, os mesmos decidiram pela participação ou não nas atividades.

A fim de não interferir nas atividades já previstas pela escola em seu planejamento pedagógico e projeto político pedagógico (PPP), as visitas ocorreram no contra turno e em quintais urbanos localizados em bairros atendidos pela EERB (Figura 1).

Figura 1. Mapa da abrangência do projeto e localização geográfica dos quintais urbanos visitados. Mato Grosso, Brasil (A); Alta Floresta (B); perímetro urbano de Alta Floresta (C); localização da Escola Estadual Rui Barbosa e dos quintais urbanos visitados (D). (Fonte: Os autores)



As visitas foram realizadas por alunos e membros da equipe multidisciplinar da EERB e também por membros da equipe proponente do projeto (GenBioMol/UNEMAT – Alta Floresta).

Foram visitados 20 quintais, nos quais a diversidade vegetal encontrada era aproveitada para discutir aspectos das etnoespécies, como morfofisiologia e classificação botânica informal. Durante a visita foi utilizada a técnica de turnê-guiada (ALBUQUERQUE; LUCENA; ALENCAR, 2010), na qual o responsável pela propriedade era convidado a fazer uma caminhada pelo quintal e, durante o processo, indicava as plantas medicinais cultivadas, identificando-as com o nome popular (etnoespécies) (Figura 2).

Figura 2. Visita aos quintais urbanos da comunidade escolar da Escola Estadual Rui Barbosa, Alta Floresta, MT: levantamento das etnoespécies medicinais cultivadas (Fonte: Os autores).



Ainda durante a visita, os alunos registraram informações como endereço, coordenadas geográficas dos quintais, nome popular da planta (conforme informado pelo mantenedor do quintal) e elaboraram um esboço com a disposição das plantas pelo quintal. Mediante autorização do proprietário, foram feitos registros fotográficos para identificação das espécies menos conhecidas. Os dados anotados em campo foram tabulados em planilhas do software Excel para elaboração de gráfico com a frequência de cultivo e definição das etnoespécies mais cultivadas.

Os alunos da escola foram levados a uma visita guiada no HERBAM (Herbário da Amazônia Meridional), da UNEMAT, Alta Floresta, onde puderam aprender sobre os processos de coleta, identificação e armazenamento de material vegetal. A classificação das etnoespécies medicinais cultivadas nos quintais visitados foi realizada de modo informal a partir dos nomes populares usados pelos mantenedores dos quintais. A identificação das etnoespécies em nível de família e gêneros foi baseada na comparação das morfoespécies e dos nomes populares, usando livros e sites especializados. A identificação em nível específico de todas as etnoespécies e o depósito em herbário não foi possível, pela ausência de material reprodutivo. A classificação e a grafia correta dos nomes dos gêneros e famílias seguem a APG IV (CHASE et al., 2016) e sites especializados, como a Flora do Brasil 2020 (2020).

Foi elaborada uma lista de todas etnoespécies medicinais encontradas nos quintais visitados e suas respectivas classificações botânica até o nível de gênero, bem como sua identificação como nativa (N) ou exótica (E). Para as etnoespécies de maior ocorrência, além da classificação botânica, também foi realizada o levantamento das propriedades medicinais e formas de uso.

Com a utilização da ferramenta My Maps (Google Maps) e do ArcGIS 10.1 foi elaborado o mapa de abrangência do projeto. Utilizando o software Microsoft Publisher foi confeccionado um folder com as informações medicinais das etnoespécies de maior ocorrência nos quintais. O material de divulgação foi distribuído para a comunidade da Unidade Escolar participante do projeto e em eventos científicos da UNEMAT, Alta Floresta.

Ao final das atividades, discentes, docentes e gestores da unidade escolar responderam a um questionário com questões abertas, por meio do qual foi possível analisar a percepção da comunidade escolar sobre a realização do projeto e também identificar os pontos positivos e negativos do mesmo. Segundo Patrício (2009), a avaliação de uma atividade e/ou projeto desenvolvido gera conhecimento sobre a ação que se realiza, fornece dados para a verificação da eficiência da metodologia adotada e permite aprimoramento e correções, quando necessárias, sendo, portanto, a avaliação uma condição imprescindível.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 LEVANTAMENTO ETNOBOTÂNICO

Dentre as etnoespécies de maior ocorrência nos quintais visitados, destacam-se o boldo e a babosa, cultivados em 50% dos quintais, seguidos por capim cidreira e espada-de-são-jorge (40%), terramicina (35%), arruda e açafraão (30% e 25%, respectivamente), e gengibre, hortelã, figatil, mentruz e guiné (20%) (Figuras 3 e 4).

Figura 3. Relação entre as etnoespécies medicinais e a frequência de cultivo nos quintais urbanos da comunidade escolar da Escola Estadual Rui Barbosa, Alta Floresta, MT.

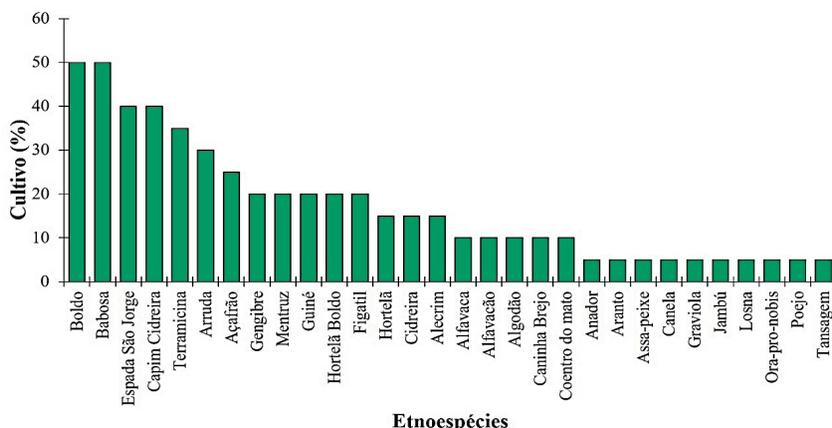


Figura 4. Etnoespécies de ampla ocorrência nos quintais urbanos da comunidade escolar da Escola Estadual Rui Barbosa, Alta Floresta, MT. Boldo (A); babosa (B); espada-de-são-jorge (C); capim cidreira (D); terramicina (E); arruda (F); açafraão (G); gengibre (H); mentruz (I) e figatil (J) (Fonte: Os autores).



A partir dos dados obtidos constatou-se que a comunidade escolar habitualmente faz uso de fitoterápicos tradicionais para prevenção e tratamento de enfermidades, e que a identificação das etnoespécies muitas vezes ocorre por meio de descrição morfológica informal e uso de nomes populares.

Como resultado da pesquisa bibliográfica realizada para identificação do uso como fitoterápico, verificou-se que o boldo é amplamente utilizado para tratar males do fígado e diversos problemas relacionados à digestão, enquanto a babosa possui propriedade antimicrobiana, sendo utilizada como cicatrizante no tratamento de queimaduras e ferimentos superficiais, no tratamento de hemorroidas inflamadas, contusões, dores reumáticas e hidratação capilar (LORENZI; MATOS, 2002; CRIASAUDE, 2020; TUA SAÚDE, 2020). A alta frequência com que estas etnoespécies são cultivadas nos quintais urbanos dos alunos da EERB pode ser atribuída as diversas indicações de uso como medicamento alternativos e ao fato de possuírem ampla distribuição no Brasil. A babosa é uma das plantas medicinais de uso mais antigo conhecido, tendo registros de seu uso desde 2100 a.C (LORENZI; MATOS, 2002; ATHERTON, 1997). Ambas as espécies, babosa e boldo, são exóticas, contudo, foram trazidas para o Brasil ainda no período colonial, evidenciando assim o quanto suas utilizações são antigas e tradicionais (LORENZI; MATOS, 2002; QUEIROGA et al., 2019).

O mentruz é usado como vermífugo, antibiótico, anti-inflamatório e cicatrizante, além de tratar reumatismo e auxiliar em problemas digestivos, enquanto o açafraão é empregado no combate a artrite, inflamações e problemas hepáticos (LORENZI; MATOS, 2002; CRIASAUDE, 2020; SUETH-SANTIAGO et al., 2015). A arruda, por sua vez, auxilia

em dores de dente e ouvido, febres e câimbras, além de ser considerada um excelente vermífugo, já o capim cidreira auxilia no combate a cólicas e atua como analgésico, calmante e antimicrobiano (LORENZI; MATOS, 2002; TUA SAÚDE, 2020). Terramicina, figatil e gengibre são utilizados para tratamento de problemas digestivos, sendo que além dessa propriedade, o figatil também é amplamente usado no combate a problemas hepáticos, enquanto o gengibre, no combate a problemas do sistema respiratório e a terramicina, como diurética, depurativa e antitussígena (LORENZI; MATOS, 2002; SILVA et al., 1995; CARDOSO et al., 2018; CAETANO et al., 2002). Para a espada-de-são-jorge, indicada como medicinal por proprietários de quintais, não foram encontrados registros de suas propriedades medicinais, apenas de seu uso como planta ornamental e no misticismo, onde é considerada como “planta protetora” utilizada contra inveja, “mau olhar” e em rituais religiosos (NASCIMENTO; GRAZIANO; LOPES, 2003; OLIVEIRA et al., 2018).

Durante a visita ao HERBAM (Herbário da Amazônia Meridional – UNEMAT-AF), os alunos se mostraram interessados por todas as etapas do processo, interagindo com professores e bolsistas, questionando sobre os assuntos abordados, bem como sobre as demais atividades desenvolvidas, a estrutura do local, o banco de dados e equipamentos (Figura 5).

Figura 5. Visita ao HERBAM (Herbário da Amazônia Meridional), UNEMAT – Alta Floresta. Apresentação da coleção bibliográfica (A); técnicas de coleta (B) montagem de exsicatas (C); equipe participante do projeto (D) (Fonte: Os autores).



Dentre as 30 etnoespécies registradas durante a realização do projeto, foram identificados, por meio de pesquisa bibliográfica, 25 gêneros, sendo estes distribuídas em 17 famílias botânicas, tendo oito identificadas em nível específico (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação botânica das etnoespécies cultivadas nos quintais urbanos da comunidade escolar da Escola Estadual Rui Barbosa e sua respectiva identificação quanto a origem. N: nativa; E: exótica.

Família	Gênero/nome científico	Etnoespécie	N/E	
	<i>Acmella oleracea</i> (L.K.) Jansen*	Jambú	N	
Asteraceae	<i>Artemisia</i>	Anador	E	
		Losna	E	
		Assa-peixe	N	
Amaranthaceae	<i>Vernonia</i>	Figatil	E	
		<i>Alternanthera</i>	Terramicina	N
		<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin e Clemants*	Mentruz	E
Phytolaccaceae	<i>Petiveria alliacea</i> L.*	Guiné	N	
Cactaceae	<i>Pereskia sp</i>	Ora-pro-nóbis	E	
	<i>Melissa officinalis</i> L.*	Cidreira	E	
Lamiaceae	<i>Mentha</i>	Hortelã	E	
		Poejo	E	
		Alfavaca	E	
		Alfavacão	E	
		Boldo	E	
		Hortelã Boldo	E	
		Alecrim	E	
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	Tansagem	E	
Lauraceae	<i>Cinnamomun</i>	Canela	E	
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.*	Graviola	E	
Malvaceae	<i>Gossypium</i>	Algodão	E	
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf*	Capim Cidreira	E	
Apiaceae	<i>Eryngium foetidum</i> L.*	Coentro do mato	E	
Crassulaceae	<i>Kalanchoe</i>	Aranto	E	
Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i> L.*	Arruda	E	
Asparagaceae	<i>Sansevieria</i>	espada-de-são-jorge	E	
Xanthorrhoeaceae	<i>Aloe</i>	Babosa	E	
Costaceae	<i>Costus</i>	Caninha do Brejo	E	
Zingiberaceae	<i>Zingiber</i>	Gengibre	N	
	<i>Curcuma</i>	Açafrão	E	

\*Plantas identificadas até o nível específico.

As famílias com maior representatividade foram a Lamiaceae e a Asteraceae, com oito e cinco etnoespécies, respectivamente, resultados semelhantes aos encontrados por Perna e Lamano-Ferreira (2014) ao analisar trabalhos de levantamentos etnobotânico em todas as regiões do Brasil entre 2009 e 2012, onde constatou a predominância destas famílias. Em levantamento etnobotânico de plantas medicinais cultivadas em quintais, Freitas *et al.* (2012) identificou a predominância tanto da família Lamiaceae quanto da babosa, confirmando a ampla distribuição da família e da etnoespécie em território nacional.

### 3.2 ASPECTOS PEDAGÓGICOS

A educação contemporânea necessita de metodologias que desenvolvam nos alunos, maneiras organizadas para produção dos trabalhos escolares, objetivando o desenvolvimento de habilidades que proporcionem o entender e produzir conhecimento científico, estimulando o aprender a aprender e o aprender a pensar, reconhecendo a educação e o conhecimento como instrumentos importantes para a construção da cidadania emancipatória (CRUZ, 2011; MOURA, MORTIMER; SCOTT, 2012).

A utilização da metodologia científica no currículo da Educação Básica possibilita estudar o senso comum e a sua importância para a produção do conhecimento científico, sendo o pensamento investigativo um desafio tanto para alunos quanto para professores que procuram incorporar essas atividades no dia a dia da escola.

As atividades desenvolvidas durante o projeto proporcionaram um estudo que partiu do senso comum, da experiência de vida dos moradores da comunidade escolar, e resultou em produção de conhecimento, oportunizando a aproximação dos alunos da produção científica, desmistificando-a e demonstrando que a mesma não está distante e /ou isolada das salas de aula das instituições de educação básica. Durante o projeto, os alunos foram estimulados a pesquisar, refletir e tentar compreender o que observavam. Durante as visitas aos quintais urbanos, proporcionamos a aproximação da ação que poderia ou não ser realizada, em uma tomada de decisão consciente por parte do aluno, enquanto indivíduo e como sujeito coletivo em um grupo de pesquisa. O estímulo e o auxílio nas pesquisas e na compressão do que está sendo pesquisado, levou à produção de textos e à avaliação das atividades desenvolvidas, promovendo a construção de um conhecimento reflexivo (CHAGAS; SOVIERZOSKI, 2014; ALMEIDA; TERÁN, 2019).

Na área de Ciências da Natureza, o objetivo é a construção de conhecimento contextualizado, preparando o aluno para analisar situações cotidianas e para propor soluções alternativas utilizando, sempre que possível, as diferentes tecnologias disponíveis na atualidade (BRASIL, 2020). Para tanto, orienta-se que os professores utilizem metodologias interativas de aprendizagem, onde uma mesma situação-problema,

um mesmo tema, possa ser abordado e analisado sobre vários aspectos, contribuindo para a formação do cidadão. Diante dessa premissa, a execução do projeto, considerando as múltiplas juventudes atendidas pela comunidade escolar, possibilitou a apropriação e ressignificação de conceitos e procedimentos da cultura científica e promoveu o desenvolvimento e ampliação das habilidades investigativas e argumentativas, uma vez que o levantamento etnobotânico e as pesquisas bibliográficas culminaram na produção de trabalhos científicos e material de divulgação com os resultados obtidos.

Os resultados do projeto foram divulgados junto à comunidade escolar por meio de um folder com informações sobre a utilização e propriedades medicinais das etnoespécies de maior ocorrência nos quintais visitados (Figura 6).

Figura 6. Folder (parcial) de divulgação dos resultados das atividades de pesquisa bibliográfica e levantamento etnobotânico das plantas medicinais cultivadas em quintais urbanos da comunidade escolar da Escola Estadual Rui Barbosa, Alta Floresta, MT. (Fonte: Os autores).

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO CARLOS ALBERTO REYES  
MALDONADO  
ESCOLA ESTADUAL RUI BARBOSA



## Plantas Medicinais



*Diferentes espaços educativos de aprendizagem usando a temática plantas medicinais cultivadas em quintais urbanos, um projeto de extensão realizado pelo Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular (GenBioMol), UNEMAT/AF, em parceria com a Escola Estadual Rui Barbosa, Alta Floresta, MT.*

*Propriedade medicinais e modo de uso das etnoespécies de plantas medicinais de maior ocorrência em 20 quintais de alunos da E.E. Rui Barbosa*



Alta Floresta - Setembro/2019

Página 4

**Capim Cidreira:** Utilizado como calmante e alívio para cólicas uterinas, também possui ação analgésica e antimicrobiana.

**Formas de preparo mais utilizadas:** chá (decocto) da folha, também utilizada em sucos<sup>1</sup>




---

**Terramicina:** Utilizada contra tosse e irritações na faringe, além de ser diurética, digestiva e depurativa.

**Formas de preparo mais utilizadas:** chá (infuso e decocto) das folhas e das flores<sup>1</sup>.



### Equipe

<p>Angelo Gabriel Mendes Cordeiro Prof. Ma. Marraiane Ana da Silva Prof. Vantuir Pereira da Silva Prof. Ma. Elisa dos Santos Cardoso Prof. Dra. Ana Apa. Bandini Rossi</p> <p><b>Alunos do Ensino Médio da EE Rui Barbosa - Período Matutino</b> 1ºB: Ingrid Caroline Rohling Portella e Suzane Rio Branco Barbosa; 1ºC: Nathana Pereira Pinho, Geory Henrique Agostinho Alvares e Diuliane Rodrigues dos Santos;</p>	<p>2ºA: Paulo Duarte de Oliveira Junior, Ana Paula Santos Ricardo, Allana Botega, Fernanda Aparecida de Oliveira, Ana Luisa Possidonio Silva, Taigor de Oliveira Pereira e Lucas Venek da Silva; 2ºB: Débora Miguel Rodrigues, Jean Carlos Silva Santos, Gabriel Rio Branco Barbosa e Tatiane Tomaz Cimino; 2ºC: Herica Garcia Minguiz, Rubens Nascimento da Silva e José Vitor de Oliveira dos Santos</p>
---	--



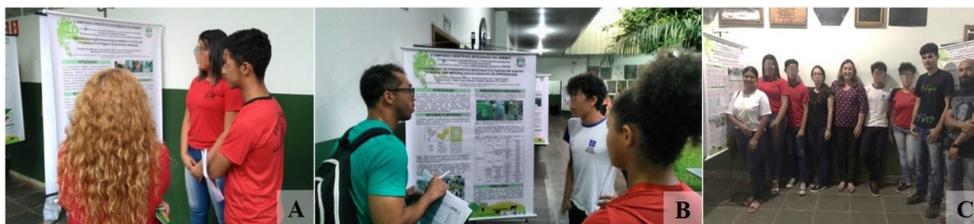
UNEMAT  
Universidade do Estado de Mato Grosso  
Carlos Alberto Reyes Maldonado  
- Câmpus de Alta Floresta -



Escola Estadual Rui Barbosa

Ainda como resultado das atividades desenvolvidas, os alunos, sob orientação da professora de Biologia da EERB e da equipe proponente do projeto, escreveram e apresentaram dois resumos no VII Seminário de Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, UNEMAT /Alta Floresta, MT, possibilitando aos mesmos, maior interação com a instituição de ensino superior e uma nova percepção sobre atividades de pesquisa (Figura 7).

Figura 7. Participação no VII Seminário de Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, UNEMAT/AF. Apresentação e avaliação dos trabalhos (A e B); Representantes das equipes que participaram das atividades do projeto (C) (Fonte: Os autores).



Durante o desenvolvimento do projeto foi observado a importância tanto do conhecimento que o aluno traz para sala de aula, quanto das experiências extraclasse, mostrando que as práticas interativas desenvolvidas são significativas na construção do conhecimento científico. Neste contexto, os quintais apresentaram-se como um importante espaço para a construção e troca de conhecimento, sendo uma excelente ferramenta para a prática da multidisciplinaridade.

### 3.3 AVALIAÇÃO DO PROJETO

Os alunos afirmaram que as atividades realizadas contribuíram para seu aprendizado, possibilitando uma melhor compreensão dos conteúdos por meio da relação entre a teoria e a prática proporcionada pelo projeto, sendo esta, também a percepção dos professores envolvidos. Considerando o fato de o projeto ser realizado com alunos de diferentes turmas do ensino médio, 91,7% dos participantes responderam que a metodologia contribuiu para melhoria das relações interpessoais dos estudantes. Quando questionados sobre a importância do projeto, todos os participantes reconheceram que atividades como essas são importantes e apontaram os pontos positivos, como os apresentados nas frases abaixo:

*“Foi importante para conhecer com mais afinidade as plantas, muitas que não tinha ideia que eram medicinais, além de conhecer suas características e como é feito todo o processo de coleta e identificação delas”* (Participante nº 04).

*“O projeto facilitou meu aprendizado e depois das visitas me deu mais vontade de conhecer mais as plantas e a Biologia em si”* (Participante nº 01).

*“Enquanto estávamos nas visitas a professora ia falando como as plantas eram classificadas, se eram Angiospermas... Na prática é mais fácil de aprender do que na teoria, pois na prática observar e não só ler e falar sobre o assunto”* (Participante nº 13).

*“O conhecimento da teoria é fundamental, mas sem a prática torna-se menos favorável. A prática traz mais acessibilidade ao conhecimento das plantas onde podemos ver como realmente é”* (Participante nº 15).

*“Muitos de nós temos plantas em casa, mas desconhecemos a sua utilidade e com o trabalho passamos a conhecer a sua importância e a importância de conservar as espécies em extinção”* (Participante nº 07).

*“O projeto proporcionou maior aproximação do ensino superior com a educação básica, possibilitando conhecer alguns bairros da comunidade escolar e os espaços da universidade bem como os projetos que são desenvolvidos” (Participante nº 20).*

Ao serem questionados sobre pontos negativos, 25 % dos participantes apontaram a necessidade de mais tempo para realização das atividades, conforme afirmações abaixo:

*“Durou pouco tempo” (Participante nº 9).*

*“Pouco tempo hábil para o desenvolvimento de várias etapas do projeto” (Participante nº 20).*

*“O tempo, que devido à greve dos professores foi prejudicado” (Participante nº 16).*

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os quintais urbanos analisados neste trabalho mostram-se como locais importantes, tanto como banco de recursos genéticos e áreas de preservação ambiental, quanto para prática pedagógica, atuando como espaços não formais de aprendizagem, possibilitando o trabalho interdisciplinar e também a construção e troca de conhecimento.

As atividades desenvolvidas promoveram a interação entre instituição de educação básica e ensino superior, estimulando, nos alunos envolvidos, o pensamento investigativo, a análise crítica e a argumentação, reafirmando a importância de metodologias em que o aluno seja protagonista no processo ensino-aprendizagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PASA, M. C.; SOARES, J. J.; NETO, G. G. Estudo etnobotânico na comunidade de Conceição-Açu (alto da bacia do rio Aricá Açu, MT, Brasil). **Acta Botânica Brasílica**. v. 19, n. 2, p. 195-207, 2005.

BOUKHARAEVA, L. M. *et al.* Agricultura urbana como um componente do desenvolvimento humano sustentável: Brasil, França e Rússia. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**. v. 22, n. 2, p. 413-425, 2005.

SIVIERO, A. *et al.* Plantas medicinais em quintais urbanos de Rio Branco, Acre. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 14, n. 4, p. 598-610, 2012.

JACOBUCCI, D. F. C. Contribuições dos espaços não formais de educação para a formação da cultura científica. **Em Extensão**. v. 7, p. 55-66, 2008.

BARTZIK, F.; ZANDER, L. D. A Importância Das Aulas Práticas De Ciências No Ensino Fundamental **Revista @rquivo Brasileiro de Educação**. v. 4, n. 8, p. 31-38, 2016.

SILVA, A. P. M. *et al.* Aulas Práticas Como Estratégia Para o Conhecimento em Botânica no Ensino Fundamental. **HOLOS**. v. 31, n. 8, p. 68-79, 2015.

FLORENTINO, A. T. N.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da Caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**. v. 21, n. 1, p. 37-47, 2007.

ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; ALENCAR, N. L. Métodos e técnicas para coleta de dados etnobiológicos. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; CUNHA, L. V. F. C. (Org.). Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica. **NUPEEA**. p. 39-64, 2010.

CHASE, M. W. *et al.* An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v.181, n.1, p.1-20, 2016.

FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 20 set. 2020.

PATRÍCIO, A. B. Por que avaliar projetos sociais. **Jornal Estadão**. 17 de maio de 2009. Disponível em: <https://educacao.estadao.com.br/noticias/geral,por-que-avaliar-projetos-sociais,373484>. Acesso em: 02 fev. 2020.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais do Brasil, nativas e exóticas**. 1. ed. São Paulo: Plantarum, 2002.

CRIASAÚDE.com.br. Plantas medicinais. 2020. Disponível em: <https://www.criasaude.com.br/N222/todas-as-plantas-medicinais.html>. Acesso em: 20 set. 2020.

TUASAÚDE, Plantas Medicinais. 2020. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/c/plantas-medicinais/>. Acesso em: 20 set. 2020.

ATHERTON, P. *Aloe vera* revisited. **The British Journal of Phytotherapy**. v. 4, n. 4, p. 176-83, 1997.

QUEIROGA, V. D. P. *et al.* **Aloe vera (Babosa): tecnologias de plantio em escala comercial para o semiárido e utilização**. 1.ed. Campina Grande: A Barriguda, 2019.

SUETH-SANTIAGO, V. *et al.* Curcumina, o pó dourado do açafraão-da-terra: introspecções sobre química e atividades biológicas. **Química Nova**. v. 38, n. 4, p. 538-552, 2015.

SILVA, I. *et al.* **Noções sobre o organismo humano e utilização de plantas medicinais**. Cascavel: Assoeste, 1995.

CARDOSO, E.S. *et al.* Conhecimento e uso do gengibre por familiares de alunos de duas unidades escolares de Alta Floresta/MT. **Gaia Scientia**. v. 12, n. 3, p. 145-154, 2018.

CAETANO, N. *et al.* Determinação de atividade antimicrobiana de extratos de plantas de uso popular como anti-inflamatório. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 12, p. 132-135, 2002.

NASCIMENTO, T. M.; GRAZIANO, T. T.; LOPES, C. S. Espécies e cultivares de sanseivéria como plantas ornamentais. **Ornamental Horticulture**. v. 9, n. 2, p. 111-119, 2003.

OLIVEIRA, S. S. *et al.* Estudo Etnobotânico de Plantas Tóxicas na Comunidade de Salobra Grande, Porto Estrela-Mato Grosso. **Ensaios e Ciência**. v. 22, n. 1, p. 12-16, 2018.

PERNA, T. A.; LAMANO-FERREIRA, A. P. N. Revisão Bibliométrica Sobre o Cultivo de Plantas Medicinais em Quintais Urbanos em Diferentes Regiões do Brasil (2009-2012). **Journal of Health Sciences**. v.16, n.1, p.61-67, 2014.

FREITAS, A. V. L. *et al.* Plantas medicinais: um estudo etnobotânico nos quintais do Sítio Cruz, São Miguel, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. v.10, n.1, p.48-59, 2012.

CRUZ, M. V. A pesquisa em sala de aula - interlocução entre teoria e prática: uma crítica na trama necessária. In: RAMOS, M. B. J.; FARIA, E. T. (org.). **Aprender a ensinar: diferentes olhares e práticas**. Porto Alegre: PUCRS. p. 26-41. 2011.

MOURA, M. A.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. **Educação científica e cidadania: abordagens teóricas e metodológicas para a formação de pesquisadores juvenis**. Belo Horizonte: UFMG/PROEC, p.280, 2012.

CHAGAS, J. J. T.; SOVIERZOSKI, H. H. Um diálogo sobre a aprendizagem significativa, conhecimento prévio e ensino de ciências. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v. 4, n. 3, p. 37-52, 2014.

ALMEIDA, D. P.; TERÁN, A. F. Experiência de ensino usando a teoria da aprendizagem significativa em espaços educativos. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v. 9, n. 1, p. 48-64, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC/SEC/CNE. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 27 mar. 2020.

## CAPÍTULO 9

### SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS NATIVAS NA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA, SÃO PAULO: DESAFIOS E POTENCIALIDADES

Data de submissão: 20/10/2021

Data de aceite: 27/10/2021

#### **Lucas Florêncio Mariano**

Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho”

Campus Experimental de Registro  
Registro – São Paulo

<https://orcid.org/0000-0002-5258-1105>

#### **Bruna Schmidt Gemim**

Universidade Federal de São Carlos  
Campus Sorocaba

Sorocaba – São Paulo

<https://orcid.org/0000-0003-1547-5976>

<http://lattes.cnpq.br/7078058776682142>

#### **Francisca Alcivânia de Melo Silva**

Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho”

Campus Experimental de Registro  
Registro – São Paulo

<https://orcid.org/0000-0001-8664-0532>

#### **Ocimar José Baptista Bim**

Instituto de Pesquisas Ambientais  
Registro – São Paulo

<https://orcid.org/0000-0003-1028-5217>

**RESUMO:** A Rede de Viveiros de Mudanças Nativas é uma iniciativa da UNESP, Campus de

Registro e do Instituto Vidágua, lançada no ano de 2012 e vigente atualmente. A Rede reúne produtores de mudas nativas e visa facilitar a comercialização e melhorar a qualidade das mudas produzidas. Para o desenvolvimento das ações foram realizados diagnósticos periódicos do sistema de produção nos 23 municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Foram incluídos no diagnóstico os viveiros de produção permanente de essências florestais da Mata Atlântica. Ao todo, foram identificados 23 viveiros, destes 18 ativos, nos quais foi aplicado questionário estruturado para a coleta de dados relativos aos viveiros e a produção de mudas. Na última atualização do diagnóstico, realizada em 2019, 15 viveiros mantinham-se em atividade. A região do Vale do Ribeira possui grande parte do seu território coberto por vegetação nativa, formando o maior contínuo preservado do Bioma Mata Atlântica. A disponibilidade e abundância de recursos genéticos são apontadas como as principais potencialidades para o desenvolvimento da atividade na região. Os viveiros possuem estrutura básica necessária para a produção das mudas, no entanto a principal dificuldade ainda é a carência de orientação técnica aos viveiristas. Por fim, consideramos a necessidade de políticas públicas para fortalecimento dos viveiros já existentes, assim como para estímulo da restauração da Mata Atlântica, e conseqüentemente o crescimento na demanda por mudas florestais nativas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Viveiros de mudas. Cadeia produtiva. Essências florestais.

## NATIVE SEEDLING PRODUCTION SYSTEMS IN THE VALE DO RIBEIRA REGION, SÃO PAULO: CHALLENGES AND POTENTIALITIES

**ABSTRACT:** The Network of Native Seedling Nurseries is an initiative of UNESP, Campus de Registro and Instituto Vidáguia, launched in 2012 and currently in force. The Network brings together producers of native seedlings and aims to facilitate the sale and improve the quality of the seedlings produced. For the development of actions, periodic diagnoses of the production system were carried out in the 23 municipalities that compose the Ribeira de Iguape and Litoral Sul Hydrographic Basin. Nurseries for the permanent production of forest species in the Atlantic Forest were included in the diagnosis. In all, 23 nurseries were identified, of these 18 active in which a structured questionnaire was applied to collect data relating to the nurseries and the production of seedlings. In the last update of the diagnosis, carried out in 2019, 15 nurseries were still in operation. The Vale do Ribeira region has a large part of its territory covered by native vegetation, forming the largest preserved continuum of the Atlantic Forest Biome. The availability and abundance of genetic resources are identified as the main potential for the development of the activity in the region. The nurseries have the basic structure necessary for the production of seedlings, however the main difficulty is still the lack of technical guidance for the nurserymen. Finally, we consider the need for public policies to strengthen existing nurseries, as well as to encourage the restoration of the Atlantic Forest, and consequently the growth in demand for native forest seedlings.

**KEYWORDS:** Nurseries. Productive chain. Forest species.

### 1 INTRODUÇÃO

De todas as alterações ambientais, as mudanças na cobertura de terra, particularmente as mudanças na cobertura florestal representam os maiores impactos para seres humanos e outras espécies, dado que as florestas fornecem serviços ambientais para estabilidade do clima, e para proteção de espécies vegetais e animais (MORAN, 2009). Considerando as ameaças à conservação das florestas no Brasil e no intuito de reaver as funções ambientais, sociais e mesmo econômicas, de áreas que hoje se encontram degradadas, cresce cada vez mais a demanda por projetos de restauração florestal (ALONSO, 2013).

Diante dessa urgência, foi lançada a Década das Nações Unidas da Restauração de Ecossistemas 2021-2030, que tem como objetivo apoiar e intensificar os esforços para prevenir, interromper e reverter a degradação de ecossistemas em todo o mundo (ONU, 2021). Neste contexto, o Brasil figura com um histórico de destaque e protagonismo em relação às questões ambientais, apesar dos recentes retrocessos.

O Código Florestal, a princípio instituído em 1965 pela Lei nº 4.771, é o principal dispositivo de normas de proteção da vegetação nativa no país. Após longo período de

discussão no Congresso Nacional, em 2012, um Novo Código Florestal foi sancionado por meio da Lei nº 12.651, posteriormente alterada pela Lei nº 12.727 (BRASIL, 2012a; 2012b). Este novo marco legal alterou os critérios para proteção da vegetação nativa, principalmente com o estabelecimento de regras que afetaram a dimensão das Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL) (SILVA *et al.*, 2015).

Estima-se que essa alteração da legislação tenha reduzido as áreas a serem restauradas de 50 milhões de hectares (Mha) para 21 Mha, dos quais 16 Mha referentes às RLs e 5 Mha às APPs (SOARES FILHO *et al.*, 2014). No entanto, considerando o cenário de reformulação das leis ambientais, esperava-se que, para os anos seguintes, houvesse um relevante aumento na demanda por sementes e mudas de espécies nativas. Desse modo, a produção de mudas e seu adequado manejo se tornaram de extrema importância, uma vez que é por meio das mudas que se vislumbra uma floresta no futuro (GONÇALVES *et al.*, 2004).

Diante desta perspectiva, a análise da infraestrutura existente para suprir a demanda florestal assume um papel estratégico no planejamento das ações de regularização das propriedades rurais, restaurações ecológicas, assim como na verificação das potencialidades e limitações da cadeia (VIDAL; RODRIGUES, 2019). Ademais, informações sobre a localização dos viveiros produtores de mudas nativas, a capacidade de produção e a qualidade das mudas, são fundamentais para orientar os proprietários rurais que pretendem restaurar áreas em seus imóveis, bem como para direcionar as ações que visam incrementar a infraestrutura existente.

Todavia, estas informações encontram-se pouco estruturadas ou são inexistentes em diversas regiões do país (MARQUES *et al.*, 2013). Além disso, cabe ressaltar que, apesar de algumas regiões apresentarem diagnósticos e cadastros de produtores de mudas, existe grande dificuldade para acessar estes dados que se encontram dispersos em diferentes instituições e muitas vezes estão desatualizados.

No Brasil, a produção de mudas e sementes florestais segue os dispositivos do Sistema Nacional de Sementes e Mudanças instituído pela Lei nº 10.711/2003 (BRASIL, 2003), recentemente regulamentada pelo Decreto nº 10.586/2020 (BRASIL, 2020). Contudo, apesar dos avanços, a regulamentação da atividade trouxe consigo uma série de impactos que se manifestam de diferentes maneiras sobre os atores que trabalham no setor, e ainda precisa ser mais bem assimilada por todos que compõem a cadeia produtiva (LONDRES, 2006).

Diante desse cenário, como também das experiências vivenciadas com o projeto da Campanha “Cílios do Ribeira”, que vem sendo realizada desde 2007 pelo Instituto Ambiental Vidágua, Instituto Socioambiental (ISA) e UNESP de Registro, levantou-se a

demanda da prospecção de dados que contribuam na compreensão das dificuldades da produção de mudas e sementes florestais, do atendimento à legislação, assim como os desafios e as potencialidades da atividade na região do Vale do Ribeira.

Portanto, o presente estudo de caso teve como objetivo realizar um diagnóstico descritivo da produção de sementes e mudas na Região do Vale do Ribeira, SP, no qual o critério utilizado para escolha dos viveiros a serem visitados foi a produção permanente de essências florestais da Mata Atlântica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa desta pesquisa foi realizada no ano de 2012 com o levantamento de informações pré-existentes sobre a produção de mudas na região do Vale do Ribeira, utilizando-se dados do Relatório Analítico do “Diagnóstico dos produtores de mudas florestais nativas do Estado de São Paulo”, no âmbito do Projeto de Recuperação de Matas Ciliares da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (MARTINS, 2011). Posteriormente, foram apuradas informações junto às Prefeituras Municipais, Casas de Agricultura, agentes/instituições de mobilização social e ambiental que atuam na região (ONGs, Associações, etc.), assim como buscas por web sites a fim de localizar outros viveiros que não constavam nas primeiras listagens. A partir disso, foram computados à época, 23 viveiros operados por agricultores, comunidades quilombolas, associações, ONGs e Prefeituras Municipais.

Para caracterização dos viveiros amostrados foi elaborado questionário contendo perguntas referentes à produção das mudas, estrutura dos viveiros, comercialização, conhecimento dos produtores quanto à legislação, dentre outras.

O diagnóstico então foi realizado por meio de visitas *in loco*, em entrevistas estruturadas com o proprietário da unidade de produção ou seu responsável. A partir das visitas *in loco*, foram identificados 18 viveiros ativos, nos quais foi aplicado questionário estruturado para a coleta de dados relativos aos viveiros e a produção de mudas. Na última atualização do diagnóstico, realizada em 2019, 15 viveiros mantinham-se em atividade. Após a coleta dos dados iniciou-se a sua tabulação e os resultados expressos em percentual são apresentados e discutidos a seguir.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As unidades de produção de mudas e sementes de espécies nativas amostradas neste estudo estão localizadas em 12 municípios inseridos na região do Vale do Ribeira, na porção paulista da Bacia do Rio Ribeira de Iguape. Em nove (9) desses municípios,

os funcionários das Prefeituras e Casas da Agricultura informaram que desconheciam produtores de mudas e sementes nativas, bem como não havia viveiros municipais.

A dificuldade de informações, particularmente de viveiros pequenos e menos estruturados, foi relatada por Silva *et al.* (2015) no diagnóstico sobre a produção de mudas do Brasil. Por essa razão, os autores ressaltam que viveiros grandes são mais intensamente amostrados em relação aos pequenos viveiros que, conseqüentemente, estão em maior quantidade entre aqueles em que não foi possível entrar em contato.

Após as visitas e, descartando-se os viveiros desativados, foram contabilizados 18 viveiros ativos na região do Vale do Ribeira. A microrregião Alto Ribeira (que compreende os municípios de Itapirapuã Paulista, Barra do Chapéu, Itaóca, Apiaí, Ribeira e Iporanga), possui menos viveiros instalados (1). No restante da Bacia, a distribuição é a seguinte: Lagamar (Pariquera-açu, Iguape, Cananéia e Ilha Comprida) com três viveiros, seguido do Portal do Vale (Tapiraí, Pedro de Toledo, Itariri, Juquitiba, São Lourenço da Serra, Juquiá e Miracatu) com dois viveiros e o Médio Ribeira (Registro, Jacupiranga, Cajati, Eldorado, Sete Barras e Barra do Turvo) com doze viveiros amostrados.

No diagnóstico dos viveiros do Estado de São Paulo foram identificados 23 localizados na região, sendo 13 desses viveiros atribuídos a comunitários/comunidades quilombolas, sete particulares e três viveiros da esfera pública (MARTINS, 2011). Essa redução no número de viveiros, de 18 inicialmente amostrados para os 15 em atividade no ano de 2019, vai na contramão do reconhecimento da necessidade de restauração levantada pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), pela Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – PROVEG (Decreto nº 8.972/2017) e pela Década da Restauração de Ecossistemas 2021-2030.

A expectativa de produção e comercialização de mudas de espécies nativas comumente é frustrada pela morosidade da concretização das novas legislações e crises econômicas, que afetam diretamente os investimentos (VIDAL; RODRIGUES, 2019). Na região do Vale do Ribeira, a produção de mudas tem sido direcionada para atender projetos específicos e, pela instabilidade da demanda, não havendo investimentos nos viveiros para alcançar novos mercados e assim se manter em atividade. Todavia, a produção de mudas nativas é considerada pela maioria dos proprietários de viveiros como fonte de renda extra no orçamento da família.

Quanto à categoria administrativa (privado, administração pública e terceiro setor), dentre os viveiros não foi identificado nenhum administrado pelo terceiro setor. No levantamento inicial foram registrados três viveiros pertencentes a órgãos públicos, dois a comunidades tradicionais, cinco eram comunitários e 13 eram privados. O baixo número

de viveiros municipais é preocupante, pois sem essas estruturas, perde-se um instrumento para reposição florestal do município e uma ferramenta de educação ambiental.

Entre os 18 viveiros ativos visitados, dois (2) eram administrados por duas comunidades quilombolas (Quilombos Nhunguara e Peropava) e oito (8) por comunidades de agricultores familiares. As outras oito unidades pertenciam a produtores particulares, sendo três (3) consideradas de médio porte, com boa infraestrutura de produção e recursos humanos e cinco (5) viveiros pequenos com pouca infraestrutura.

No diagnóstico de produção de mudas florestais do Brasil, os viveiros privados representam 70,73%, públicos 18,70% e do terceiro setor 6,10% (SILVA *et al.*, 2015). No estado de São Paulo, os viveiros privados representam 47% do total (MARTINS, 2011), enquanto na região do Vale do Ribeira essa categoria representa 56% do total de unidades. Esses resultados diferem dos relatados no diagnóstico de produção de mudas do Estado do Rio de Janeiro, onde a produção de mudas é concentrada em pequenos viveiros administrados pelo poder público (RIO DE JANEIRO, 2010).

No que se refere ao atendimento à legislação, levantou-se a situação dos viveiristas quanto ao atendimento dos requisitos exigidos para a produção e comercialização pelo Sistema Nacional de Sementes e Mudanças, a inscrição no RENASEM (Registro Nacional de Sementes e Mudanças) e a emissão de Nota Fiscal. Verificou-se que dos 18 viveiros visitados, oito não possuem qualquer registro da atividade (RENASEM, Nota Fiscal, Inscrição Estadual), incluindo-se nesse caso três viveiros de administração pública e cinco de administração privada. Dez (10) viveiros visitados comercializavam com emissão de nota fiscal e apenas um viveirista possuía registro do RENASEM.

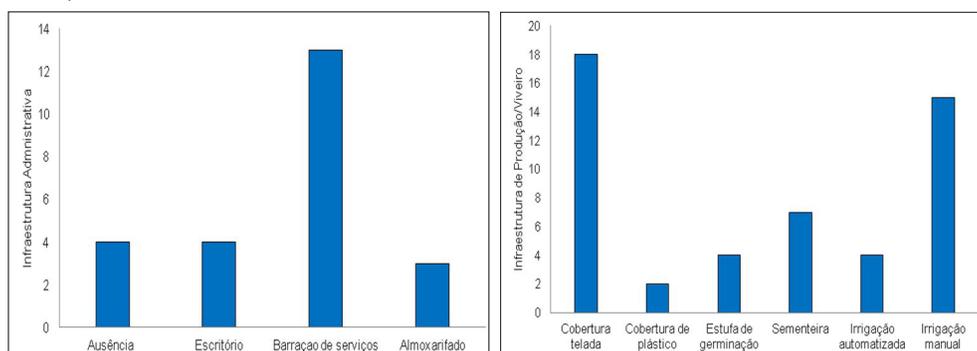
No caso dos viveiros de administração pública (municipais), devido à produção ser com a finalidade de doações, educação ambiental e plantios, os viveiros não necessitam de registro. Entre os viveiros privados, as principais causas apontadas para a falta de documentação são o desconhecimento da legislação, o alto custo e a burocracia. No diagnóstico da produção de mudas florestais no Brasil, 208 dos 246 viveiros afirmaram ter um responsável técnico, sendo que somente 122 possuem registro no RENASEM (SILVA *et al.*, 2015). Já no diagnóstico de viveiros do Estado de São Paulo, 67% dos viveiristas informaram ter conhecimento da Lei de Sementes e Mudanças, mas apenas 16,5% estariam regularizados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (MARTINS, 2011).

Com relação à infraestrutura, verificou-se que a área destinada à produção de mudas, incluindo as estruturas administrativas e de produção, variou de 150 a 5.000 m<sup>2</sup>, sendo na média 1.065 m<sup>2</sup>. Os viveiros com menor área de infraestrutura relacionada à

produção de mudas são aqueles situados em área urbana, pois a maioria se encontra nos quintais das residências.

Dentre os viveiros visitados, 13 possuem barracão de serviço, nos quais são preparados o substrato e as sementes para a semeadura, e eventualmente armazenados os insumos utilizados na produção de mudas. Para as atividades administrativas, quatro dos viveiros visitados possuem escritório e três, almoxarifados. Nesses casos, as atividades administrativas são realizadas na residência do(s) proprietário(s), ou no barracão de serviço. Quatro viveiros não possuem qualquer tipo de infraestrutura administrativa (Figura 1).

Figura 1 – Infraestrutura administrativa e de produção de mudas dos viveiros localizados na região do Vale do Ribeira, SP.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

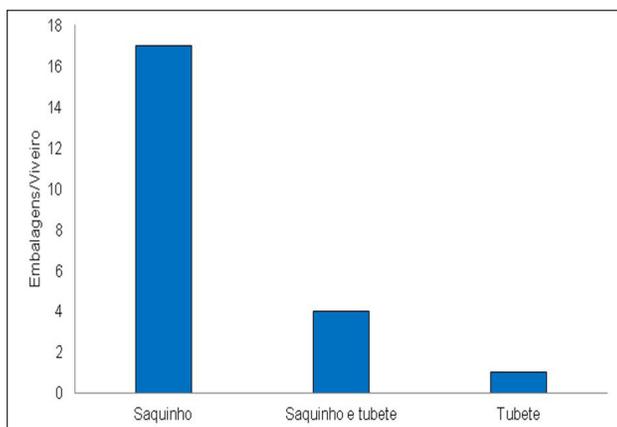
Quanto à infraestrutura de produção de mudas, verificou-se que todos os viveiros possuem cobertura telada, e nas duas unidades que também possuem cobertura de plástico, apenas um a utiliza para a produção e a outra se encontra em desuso. Para germinação das sementes, quatro viveiros contam com estrutura separada e coberta, enquanto sete contam somente com sementeiras a pleno sol. Com relação à irrigação, verificou-se que apenas quatro viveiristas possuem os equipamentos para a irrigação automatizada, sendo que um desses, apesar de ter instalado a irrigação automática, faz essa atividade manualmente (Figura 1).

A irrigação manual, praticada por 15 viveiristas, é realizada com uso de mangueiras e regadores. O uso desse tipo irrigação pela maioria reflete o baixo nível tecnológico dos viveiros da região do Vale do Ribeira. Segundo Gonçalves *et al.* (2004), a grande maioria dos viveiros públicos municipais de Minas Gerais utiliza a irrigação por aspersão e 22,6% usam somente mangueiras e regadores. A irrigação automatizada facilita o manejo, o controle e o tempo de irrigação, e o seu uso pode gerar reflexos diretos na produtividade e no fortalecimento da cadeia produtiva de mudas florestais.

Nas visitas, também foi possível observar que muitos dos viveiristas utilizam a sombra de árvores no entorno da área de produção para produzir algumas espécies arbóreas ou quando há necessidade de desocupar a cobertura telada para a produção de novas mudas. A localização dos viveiros, sendo 11 em áreas rurais e sete em área urbana, contribui para essa estratégia utilizada pelos produtores.

Para a produção de mudas, o saco plástico é o principal recipiente utilizado em 17 dos 18 viveiros visitados, em quatro deles também são utilizados tubetes, e um viveirista utiliza apenas tubetes na produção das mudas (Figura 2). Condição semelhante da encontrada em Minas Gerais, na qual 100% dos viveiros públicos municipais utilizam saquinhos e 11,29% também fazem uso de tubetes (GONÇALVES *et al.*, 2004). Já no estado de São Paulo, 86% dos viveiros utilizam sacos de plástico e 48% utilizam sistema de tubetes, em maior ou menor escala (MARTINS, 2011). Para o apoio dos tubetes, ou saquinhos, apenas dois dos viveiros visitados possuem estrutura (mesa). E um deles produz as mudas em tubetes nas bandejas, porém essas são armazenadas diretamente no solo.

Figura 2 – Recipientes utilizados para a produção de mudas florestais nos viveiros amostrados na região do Vale do Ribeira, SP.



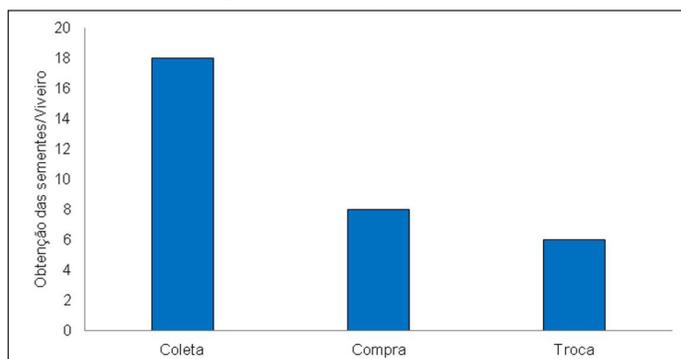
Fonte: Elaboração própria, 2021.

Segundo os viveiristas, os principais motivos no uso dos sacos plásticos são a falta de local e equipamento adequado para o manuseio dos tubetes, o menor custo de aquisição do produto e, principalmente, o maior tempo de permanência da mudas no recipiente. Para os produtores, o último fator citado é importante devido ao fato de que muitas vezes não possuem comprador garantido para as mudas produzidas, o que leva à maior permanência no recipiente.

Com relação à forma de aquisição sementes, verificou-se que todos os 18 viveiristas amostrados na região do Vale do Ribeira coletam parte das sementes que utilizam para a produção de mudas, oito as compram e seis realizam trocas (Figura 4). A coleta é a

principal forma de aquisição sementes apontada em diferentes diagnósticos, em nível nacional essa porcentagem atinge cerca de 85%, no estado de São Paulo é de 89% e em Minas mais de 96% (SILVA *et al.*, 2015; MARTINS, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2004).

Figura 3 – Principais formas de aquisição de sementes pelos viveiristas na região do Vale do Ribeira, SP.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Nas visitas, todos os viveiristas relataram a facilidade em coletar as sementes, devido à proximidade com fragmentos de vegetação nativa, mesmo para os viveiros instalados em área urbana. Isso porque, a região do Vale do Ribeira possui cerca de 70% do seu território coberto por remanescentes do Bioma Mata Atlântica, inseridos tanto em Unidades de Conservação como imóveis rurais (ALMEIDA *et al.*, 2017). Além disso, foi observada uma maior taxa de germinação e melhor qualidade das mudas produzidas através de sementes “frescas”, ou seja, sementes recém-coletadas.

A troca de sementes é uma prática que também tem sido realizada por cerca de 30% dos viveiristas no estado de São Paulo, que permite aumentar a diversidade e ampliar a variabilidade genética das espécies a serem produzidas, à qual se deve dar mais atenção e criar mecanismos para o seu estímulo (MARTINS, 2011).

No que se refere à quantidade, programação e metodologia de coleta de sementes, nove viveiristas (50%) relataram não saber a quantidade de semente coletada ao ano, bem como não fazem controle do material adquirido. A maioria dos viveiristas preocupa-se em deixar ao menos 25% de sementes ou frutos na matriz para garantir a reprodução da espécie. Dentre os viveiristas entrevistados, todos coletam sementes em fragmentos florestais, cinco também coletam em árvores na área urbana e 16 afirmaram coletar na área de terceiros, com a permissão dos proprietários, porém sem ajuda dos mesmos para a coleta. Pode-se dizer que a comercialização de sementes pelos produtores e coletores na região do Vale do Ribeira é uma atividade ainda pouco explorada, apesar da grande disponibilidade desse recurso por sua extensa cobertura vegetal (VIDAL; RODRIGUES, 2019).

Dentre as mudas produzidas, em sua totalidade os viveiristas produzem mudas de essências florestais nativas, sendo que quatro deles também produzem espécies nativas não arbóreas, principalmente plantas de uso medicinal, ornamental e espécies frutíferas. Além disso, são produzidas espécies exóticas, sendo que oito viveiristas produzem essências arbóreas, cinco ornamentais e sete plantas frutíferas.

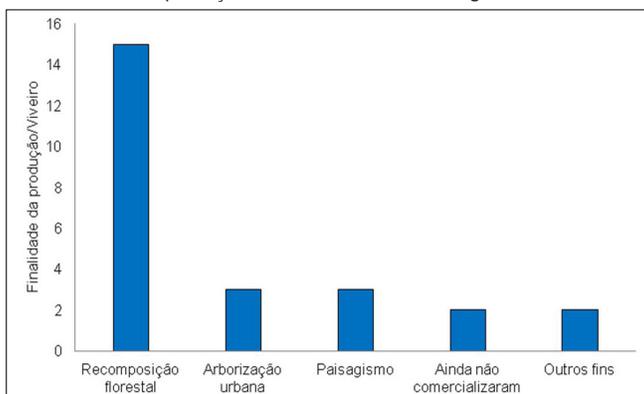
Os viveiros visitados produzem de 15 a 90 espécies nativas, média de 50 espécies por viveiro. Um dos viveiristas relatou produzir até 300 espécies, considerando as nativas e exóticas.

Dentre as espécies produzidas, observou-se que algumas são comuns a quase todos os viveiros, como a palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.) e o Ingá (*Inga* sp.). Outro aspecto diagnosticado é que grande parte dos viveiristas não conhece os nomes científicos das espécies que produzem e, portanto, não sabem informar se são espécies pioneiras ou não pioneiras, bem como à quais formações florestais pertencem.

Com relação ao substrato utilizado para a produção das mudas, 16 viveiristas produzem esse insumo no local, com uso geralmente de esterco, ou composto orgânico e terra. Alguns utilizam ainda outros componentes como a vermiculita, casca de arroz, ou serragem de madeira. Os outros dois viveiristas utilizam substrato adquirido no comércio. Nesse caso, para o preparo do substrato é utilizada principalmente a adubação orgânica, e posteriormente, na formação das mudas, é utilizada a adubação química diretamente na terra do substrato ou a foliar.

O tamanho médio das mudas produzidas nos recipientes utilizados é de 80 cm, e essas mudas tem como principal destino a recomposição florestal de áreas, destino citado por 15 dos viveiristas visitados. Destes, três também destinam suas mudas para a arborização urbana, três para o paisagismo e um para outros fins. Dois viveiristas ainda não comercializam suas mudas e um produz apenas para outros fins (Figura 4).

Figura 4 – Finalidade da produção de mudas florestais na região do Vale do Ribeira, SP.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Quanto aos compradores das mudas, 13 viveiristas apontaram como principais clientes a iniciativa privada e quatro desses, também as comercializam para o 3º setor. Os outros dois viveiros ainda não expediram mudas. Já os três viveiros instalados em áreas públicas, apesar de não comercializarem as mudas, tem como o principal destino a recomposição de áreas degradadas no interior de Unidade de Conservação, e por tanto, o principal cliente seria o setor público.

Quando questionados sobre as maiores dificuldades encontradas na produção de mudas, os fatores mais citados foram o armazenamento de sementes, a falta de mão de obra, conhecimento para controle de pragas e doenças, falta de recursos, materiais e equipamentos, e falta de informações para quebra de dormência de sementes. No diagnóstico de produção de mudas no Brasil, os três problemas mais citados foram a falta de mão de obra capacitada, a dificuldade de comercialização das mudas e o suprimento de sementes (SILVA *et al.*, 2015). No estado de São Paulo, as dificuldades mais citadas no diagnóstico foram a obtenção e armazenamento das sementes, controle de pragas, doenças e invasoras (MARTINS, 2011). E no Estado do Rio de Janeiro, segundo o diagnóstico da produção de mudas de espécies nativas, tanto para os viveiros públicos e privados, a maior dificuldade é a falta de mão de obra capacitada (RIO DE JANEIRO, 2010).

Analisando-se os cenários apresentados nesse estudo e comparando-se com os diagnósticos da produção de mudas no Brasil e nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, é possível observar questões semelhantes, associadas à falta de conhecimento sobre aspectos de manejo da produção. Tais dificuldades poderiam ser sanadas a partir de uma assistência técnica especializada e fornecimento de capacitações. Nesse sentido, os entrevistados elencaram como importantes para a melhoria da atividade os seguintes temas de capacitações: técnicas de armazenamento de sementes, quebra de dormência, coleta de sementes, conhecimento sobre as espécies (nome científico, fenologia, etc.), problemas relacionados ao intercâmbio de sementes e mudas de outros biomas, restauração de áreas degradadas, legislação e implantação de viveiros.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nova legislação brasileira sobre sementes e mudas florestais ainda se apresenta como um grande desafio para a atividade, sendo considerada bastante complexa pelos produtores. Nesse sentido, foi possível verificar uma grande distância entre o que está disposto na Lei e a realidade observada nos viveiros da região do Vale do Ribeira.

Todavia, a atividade apresenta muito potencial na região, sendo necessárias políticas públicas visando fortalecer os viveiros já existentes e um esforço de considerável

dimensão social, ambiental e econômica, estimulando plantios de restauração na Mata Atlântica e consequentemente o crescimento na demanda por mudas florestais nativas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. F.; BIM, O. J. B.; ANTUNIASSI, M. H. R.; SILVA, F. A. M. Seriam as questões ambientais entraves para o desenvolvimento do Vale do Ribeira? **Cadernos Ceru**, v. 28, n. 1, p. 93-104, jul., 2017.

ALONSO, J. M. **Análise dos viveiros e da legislação brasileira sobre sementes e mudas florestais nativas no estado do Rio de Janeiro**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 06 ago. 2003.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 28 mai. 2012a.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 18 out. 2012b.

BRASIL. Decreto nº 10.586, de 18 de dezembro de 2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 2, 21 dez. 2020.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W.; JACOVINE, L. A. G. Diagnóstico dos viveiros municipais no estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 1-12, 2004.

LONDRES, F. **A nova legislação de sementes e mudas no Brasil e seus impactos sobre a agricultura familiar**. Rio de Janeiro: ANA, 2006.

MARQUES, H. R. *et al.* Situação das informações sobre produtores de mudas e sementes nativas: subsídios para a recuperação florestal. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, 2., 2013, Viçosa, Minas Gerais. **Anais**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2013. CD-ROM.

MARTINS, R. B. **Diagnóstico dos produtores de mudas florestais nativas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2011.

MORAN, E. F. Interações homem-ambiente em ecossistemas florestais: uma introdução. *In*: MORAN, E. F.; OSTROM, E. (org.). **Ecossistemas florestais: interação homem-ambiente**. São Paulo: Editora Senac São Paulo: Edusp, 2009.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Década das Nações Unidas da Restauração de Ecossistemas 2021-2030**. Disponível em: <<https://www.decadeonrestoration.org/pt-br/sobre-decada-da-onu>>. Acesso em: 19 out. 2021.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado do Ambiente. **Diagnóstico da produção de mudas de espécies nativas no estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SEA, 2010.

SÃO PAULO. Resolução SMA nº 08, de 31 de janeiro de 2008. **Diário Oficial do Estado**: seção 1, São Paulo, SP, p. 31, 01 fev. 2008.

SÃO PAULO. Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014. **Diário Oficial do Estado**: seção 1, São Paulo, SP, p. 36, 05 abr. 2014.

SILVA, A. P. M. *et al.* **Diagnóstico da produção de mudas florestais nativas do Brasil**. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2015.

SOARES FILHO, B. *et al.* Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

VIDAL, C. Y.; RODRIGUES, R. R. **Restauração da diversidade**: os viveiros do estado de São Paulo. Piracicaba: USP/ESALQ, 2019.

# CAPÍTULO 10

## COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO E EROÇÃO HÍDRICA NUMA PEQUENA BACIA HIDROGRÁFICA COM USO AGRO-FLORESTAL, EM CONDIÇÕES MEDITERRÂNICAS

Data de submissão: 10/10/2021

Data de aceite: 22/10/2021

### António Canatário Duarte

Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária  
Castelo Branco – Portugal  
Centro de Estudos CERNAS-IPCB  
Castelo Branco – Portugal  
<https://orcid.org/0000-0002-0319-378X>

### Carmo Horta

Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária  
Castelo Branco – Portugal  
Centro de Estudos CERNAS-IPCB  
Castelo Branco – Portugal  
<https://orcid.org/0000-0003-0101-1599>

**RESUMO:** A erosão hídrica do solo está estreitamente relacionada com o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas. Estas são, actualmente, as unidades territoriais básicas das actividades de investigação, planeamento e de elaboração de normativas. O objectivo deste estudo é analisar o comportamento hidrológico e a dinâmica dos sedimentos produzidos ao

nível de uma pequena bacia hidrográfica experimental. A bacia de estudo localiza-se no concelho de Idanha-a-Nova, cobrindo uma área de 189 ha. O clima é tipicamente mediterrânico; o terreno é pouco declivoso; as unidades de solo predominantes são Cambissolos e Luvissolos. Na secção de referência da bacia foi instalada uma estação hidrológica, em funcionamento desde 2008. Os modelos de simulação configuram-se como valiosas alternativas para avaliar os efeitos da actividade agrícola na qualidade do solo e da água. O modelo *AnnAGNPS* foi o seleccionado para este estudo. A produção de sedimentos ao nível desta unidade territorial não mostra dependência clara do volume de escoamento num determinado evento, excepto quando a energia contida é suficiente para destacar e arrastar as partículas do solo para fora da bacia hidrográfica. Por outro lado, a perda de solo das parcelas agrícolas não depende somente do escoamento superficial, mas também da forma de cobertura e gestão do solo. A forma da histerese (positiva ou negativa) da curva que relaciona caudal e concentração de sedimentos, relativa à totalidade do hidrograma do evento de escoamento, é indicativa da rapidez com que os sedimentos chegam à rede de drenagem natural, e à secção de referência da bacia hidrográfica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Comportamento hidrológico. Dinâmica de sedimentos. Bacia hidrográfica. Uso agro-florestal. Modelo *AnnAGNPS*.

## HYDROLOGIC BEHAVIOR AND WATER EROSION IN A SMALL BASIN WITH AGRO-FORESTRY USE, IN MEDITERRANEAN CONDITIONS

**ABSTRACT:** The soil erosion by water is closely related to the hydrologic behaviour of the basins. These are, at present, the basic units of research, development and policy-making activities related to water. The objective of this research was to study the hydrologic behavior and the dynamics of sediments in a small agro-forested experimental basin. The study watershed is located in Idanha-a-Nova, Portugal, and covers an area of 189 ha. Climate is typically Mediterranean; the topography is slightly sloppy; the predominant soil units are Cambisols and Luvisols. A hydrological station was installed at the outlet of the watershed, working since 2008. Computer simulation models provide an efficient and effective alternative for evaluating the effects of agricultural practices on soil and water quality at the basin level. *AnnAGNPS* model was selected as the simulation tool to be used in this study. The sediment load does not seem dependent on the total runoff volume of a certain event, except when flow has enough power to detach and transport the particles outside of the basin. On the other hand, soil loss in agricultural field is not only dependent on the surface runoff but also on how the soil is covered and managed. The hysteresis shape (positive or negative) of the curve relating flow and sediment concentration, relative to the entire hydrograph of the runoff event, is indicative of the speed with which the sediments reach the natural drainage network, and the reference section of the basin.

**KEYWORDS:** Hydrologic behavior. Dynamics of sediments. Small basin. Agro-forested use. *AnnAGNPS* model.

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 ENQUADRAMENTO

A erosão hídrica é um dos processos integrantes dos sistemas naturais, sendo, ao mesmo tempo, responsável pelo empobrecimento dos solos em algumas zonas, e pela ocorrência das melhores áreas de solos dedicados à actividade agrícola, de que são exemplo os depósitos aluvionares nas margens dos cursos de água. A intensificação da actividade agrícola e o surgimento de outras atividades degradativas, a não observância pelo uso adequado do solo, e ausência de práticas da sua conservação, conduz os sistemas a um equilíbrio instável, relacionado com o conceito de *erosão acelerada* (Duarte *et al.*, 2012). A erosão hídrica, com a consequente perda de solo, representa um custo para a agricultura, já que significa perda de terra produtiva, nutrientes e matéria orgânica, iludida pelo aumento progressivo de fertilizantes que oneram o agricultor para manter uma determinada capacidade produtiva do solo (FAO, 1994), e ainda uma degradação ambiental dos meios hídricos confinantes. Giraldez (1998) refere a importância apreciável da erosão hídrica nos países sujeitos ao clima

do tipo mediterrânico, devido principalmente ao longo período estival, quente e seco, que dificulta a manutenção de uma cobertura vegetal permanente sobre o solo, e a ocorrência de chuvas no final do Verão e durante o Outono com grande potencial erosivo. O processo de erosão hídrica, dependendo do poder erosivo da chuva e do escoamento superficial gerado, está estreitamente relacionado com as características dos solos presentes na unidade territorial de estudo, das suas características fisiográficas, e da sua ocupação vegetativa e forma de manejo, que em conjunto determinam o seu comportamento hidrológico. Decorrente de normativas europeias, as bacias hidrográficas são, actualmente, as unidades territoriais básicas das actividades de planeamento, investigação, e elaboração de códigos de boas práticas no domínio hídrico (Comunidade Europeia, 2000).

## 1.2 OBJECTIVO

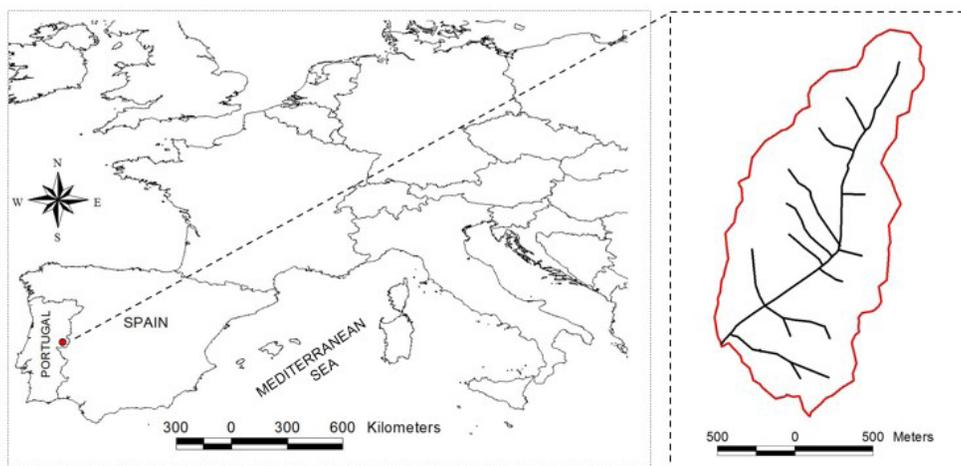
O objectivo deste estudo é analisar o comportamento hidrológico, e a dinâmica dos sedimentos produzidos ao nível de uma pequena bacia hidrográfica com uso agro-florestal. A distribuição espacial do escoamento e da taxa de erosão hídrica, foi estudada com o modelo *AnnAGNPS* (**Ann**ualized **AG**ricultural **Non Point Source Pollution**), previamente calibrado e validado.

## 2 METODOLOGIAS

### 2.1 LOCAL DE ESTUDO E DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

A bacia hidrográfica de estudo localiza-se no concelho de Idanha-a-Nova, apresenta uma forma alongada com orientação norte-sul (Figura 1), e uma área de cerca de 190 ha. Em termos topográficos a bacia hidrográfica apresenta relevo ondulado, com altitudes que variam entre 210 e 248 metros e declives até 10%, sendo os mais representativos entre 2 e 4%. É drenada por um conjunto de linhas de água tributárias de uma principal de 3ª ordem, que por sua vez é afluente sequencialmente da ribeira do Aravil e rio Tejo. É uma área maioritariamente agrícola incluída no *Aproveitamento Hidroagrícola da Campina da Idanha*, em que as culturas praticadas são das mais representativas desta zona de regadio (milho, sorgo e pastagem). A área de estudo inclui ainda uma zona (58 hectares) de povoamento florestal jovem de azinheiras e sobreiros. O clima é tipicamente mediterrânico, do tipo Csa (clima temperado húmido com verão seco e quente) (Koppen, 1936). As unidades de solo predominantes na bacia hidrográfica de estudo são Cambissolos e Luvissolos (Duarte, 2006).

Figura 1. Localização, limite e rede de drenagem natural da bacia hidrográfica de estudo.



Na secção de referência da bacia de estudo foi instalada uma estação hidrológica e de qualidade da água para avaliação dos caudais, equipada com uma sonda multiparamétrica (“The Probe”, manufactured by Milltronics, Siemens Milltronics Process Instruments Inc., Ontario, Canada) que avalia periodicamente a concentração de sedimentos, de nitratos e de sais no escoamento drenante da bacia hidrográfica em causa (Figura 2). Os caudais foram avaliados num descarregador de ressalto de soleira, com secção composta triangular e trapezoidal (Bos *et al.*, 1991), e uma sonda de ultrasons dirigida à superfície do escoamento (Figura 2). Conhecida a curva de vazão do descarregador, os dados da profundidade do escoamento são transformados em caudais. O modelo de simulação *AnnAGNPS* (Cronshey e Theurer, 1998) foi o modelo usado neste estudo, para, depois de calibrado e validado, prever a distribuição por sub-bacias do escoamento e da erosão hídrica nesta bacia hidrográfica com uso agro-florestal.

O modelo *AnnAGNPS* (Cronshey e Theurer, 1998) foi o modelo selecionado neste estudo para simular o escoamento e a erosão hídrica. Este modelo já foi usado, calibrado e validado para simular o escoamento e a contaminação difusa, incluindo a produção e perda de sedimentos, em diferentes localizações geográficas, condições climáticas, e práticas de gestão das culturas e do solo (Licciardello *et al.*, 2007). Foi desenvolvido pelo *Agricultural Research Service/USDA*, em conjunto com outros organismos dos Estados Unidos da América, sendo constituído pelos seguintes componentes: *i*) Número de Curva (USDA-SCS, 1972), como metodologia de cálculo do escoamento superficial; *ii*) metodologia *RUSLE* (*Revised Universal Soil Loss Equation*) (Renard *et al.*, 1997), transformada por Geter e Theurer (1998) para gerar diariamente a erosão hídrica laminar e por sulcos nas parcelas agrícolas, à escala da bacia hidrográfica; *iii*) conjunto

de programas (*FlowNetGenerator*) para a configuração topográfica e hidrológica da bacia hidrográfica; iv) base de dados climáticos, que incluem precipitação, temperatura máxima e mínima, temperatura do ponto de orvalho, nebulosidade, e velocidade do vento. As metodologias usadas para cálculo da capacidade de transporte e deposição de sedimentos, são, respectivamente, a equação *Hydro-geomorphic Universal Soil Loss (HUSLE)* (Theurer e Clarke, 1991) e a equação de *Bagnold* (Bagnold, 1966).

Figura 2 - Aspecto da estação hidrológica e de monitorização da qualidade da água: a) sensor de ultra-sons; b) sonda multiparamétrica.



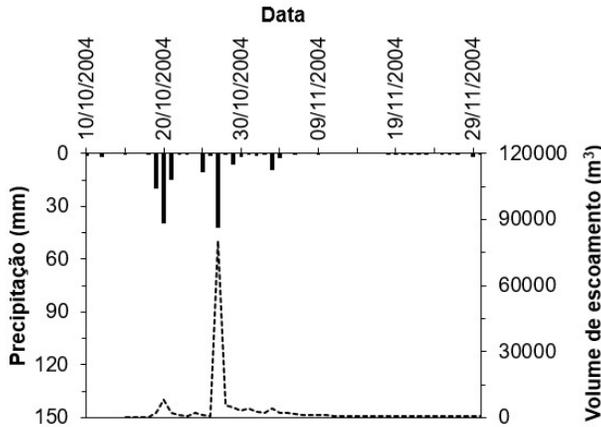
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A pequena área da bacia, conjugada com a relativa impermeabilização dos seus solos, sobretudo os luvisolos, são factores importantes para que prevaleça o modelo *hortoniano* do escoamento (Beven, 2001). Por outro lado, as condições antecedentes de humidade do solo, quando ocorrem os eventos de precipitação mais intensos, é decisivo na magnitude das situações de ponta de escoamento (Figura 3). Para exemplificar o anteriormente referido, considere-se a precipitação e o volume de escoamento verificados na segunda quinzena de Outubro de 2004 (Figura 3). Os primeiros eventos de precipitação neste período (20 de outubro), em condições de solo relativamente seco, corresponderam a 40 mm, com uma intensidade máxima de 12.8 mm/h e um caudal de ponta de 230 l/s, tendo produzindo apenas 4,4 mm de escoamento (coeficiente de escoamento, 0.11). A última chuvada deste período (27 de outubro), com um volume de precipitação semelhante à primeira (42 mm), e com uma intensidade máxima de 8.4 mm/h e um caudal de ponta de 2560 l/s, tendo produzindo 37 mm de escoamento (coeficiente de escoamento, 0.88). Neste período a bacia hidrográfica estava ocupada por milho maduro, floresta jovem de sobreiros e azinheiras e pousio. Esta resposta rápida no escoamento em eventos de ponta, nos quais o hietograma tem uma forma semelhante ao hidrograma, é típico de

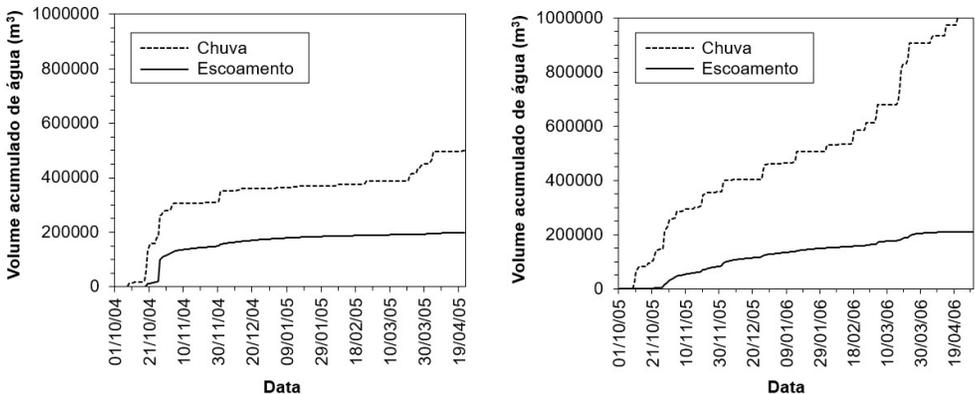
bacias hidrográficas com comportamento hortoniano, em que o escoamento superficial sobrepõe-se largamente ao escoamento subsuperficial ou de base (TeChow *et al.*, 1988).

Figura 3 - Influência das condições antecedentes de umidade do solo, na magnitude dos eventos de ponta.



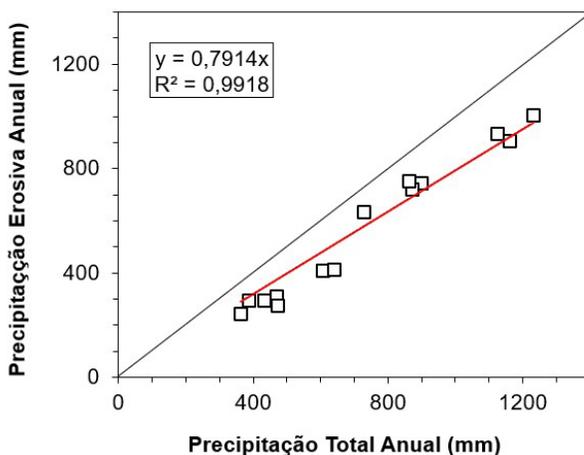
Outro aspecto que influencia o comportamento hidrológico desta bacia hidrográfica, e por extensão de outras pequenas bacias hidrográficas, é o volume de precipitação e a forma como é distribuída ao longo do ano. O ano hidrológico de 2004/2005, tendo sido um ano seco (264 mm até 22/04/2005), originou um volume de escoamento de 198132 m<sup>3</sup> (Figura 4), e um coeficiente de escoamento de 39,7%. No ano de 2005/2006 foram registados, até 27/04/2006, 531 mm de precipitação, tendo sido o volume de escoamento semelhante ao do ano anterior (209816 m<sup>3</sup>), tendo associado um número mais elevado de eventos de precipitação e escoamento (Figura 4), e um coeficiente de escoamento de 21,6%.

Figura 4 - Evolução do volume de precipitação e de escoamento, nos anos hidrológicos 2004/2005 e 2005/2006.



A intensidade, frequência e duração das chuvadas determina o seu poder erosivo, sendo estes parâmetros bastante aleatórios ao longo dos anos. É possível a obtenção de uma correlação elevada entre a precipitação total anual e a precipitação erosiva anual, ou seja, a que origina eventos erosivos (Wischmeier e Smith, 1978) (Figura 5). Constata-se também que a precipitação erosiva é sempre inferior à precipitação total, acentuando-se a diferença à medida que aumenta o volume da última. Esta constatação está relacionada com algumas das características do clima do tipo mediterrânico, em que, frequentemente, nos anos de mais baixa precipitação a mesma reparte-se por um número baixo de eventos, originando eventos de ponta de escoamento com grande poder erosivo (Serpa *et al.*, 2015).

Figura 5 - Correlação entre precipitação total anual, e precipitação erosiva anual (que origina eventos erosivos).

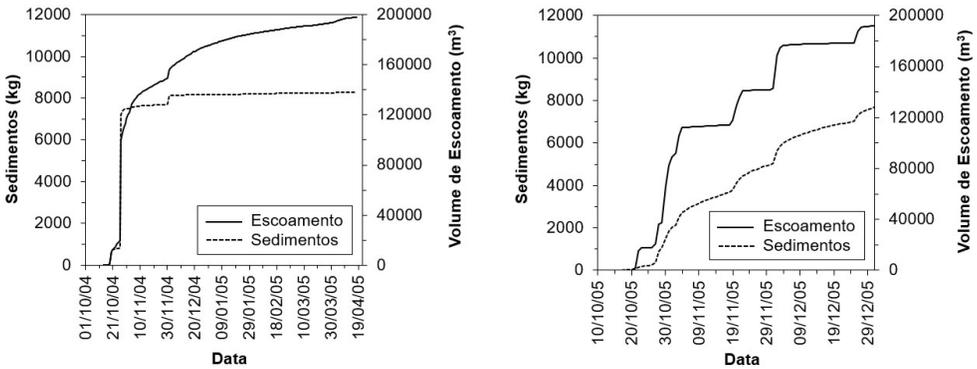


### 3.2 DINÂMICA DOS SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA

Num ano de precipitação normal, as curvas de escoamento e sedimentos acumuladas deveriam apresentar uma tendência similar, ainda que evoluindo por níveis (Kirkby, 1980), sobretudo a curva dos sedimentos. Este comportamento é o que é registado no gráfico abaixo respeitante ao ano de 2005/2006 (Figura 6). Pelo contrário, no gráfico da Figura 6 referente ao ano 2004/2005, a curva dos sedimentos evolui apenas em três níveis, relacionados com os eventos erosivos mais ou menos significativos (20 e 27 de Outubro e 1 de Dezembro). Nos períodos intermédios a curva do escoamento evolui de forma suave devido sobretudo ao escoamento de base, originando pequenas variações de nível na curva dos sedimentos que pode ser devido ao poder erosivo do escoamento na rede de drenagem natural (Merrit *et al.*, 2003). A curva dos sedimentos no ano 2005/2006 evolui em número mais elevado de níveis (seis, com dados disponíveis até 31 de Dezembro de 2005), mantendo sempre a mesma tendência da curva do escoamento, e com uma transição entre níveis mais

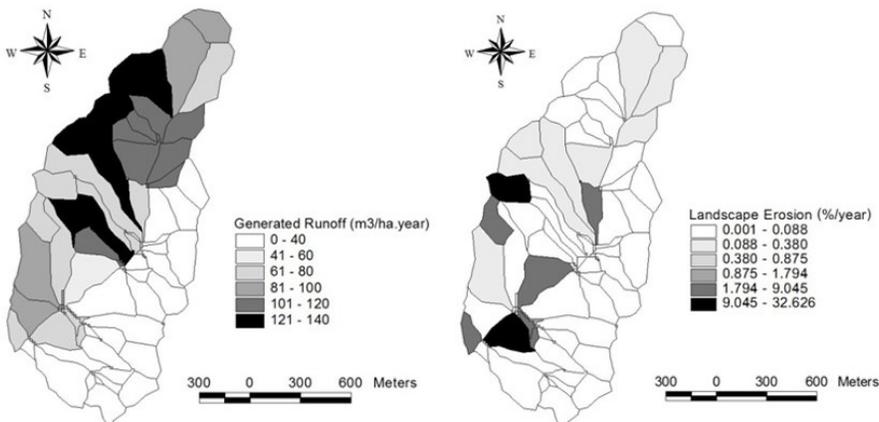
ou menos abrupta, dependendo da intensidade do escoamento na fase de decrescimento e de esgotamento do hidrograma do evento (Lencastre e Franco, 1984).

Figura 6 – Evolução das curvas acumuladas de sedimentos e escoamento, durante as estações de chuva de 2004/2005 e 2005/2006 (até 31/12/2005) (Duarte, 2006).



Relativamente à distribuição espacial da erosão hídrica simulada pelo modelo *AnnAGNPS*, constata-se que é na parte agrícola da bacia hidrográfica que são gerados maiores volumes de escoamento. Na parte que está ocupada com floresta jovem (localizada no quadrante sudeste da bacia hidrográfica), praticamente não há produção de escoamento (Figura 7). Para além do escoamento, terão que se conjugar outras condições favoráveis à ocorrência do processo de erosão hídrica, nomeadamente de cobertura do solo, pelo efeito de proteção do impacto das gotas de chuva, e pelo efeito retardador do escoamento. Assim, as taxas mais elevadas de erosão verificam-se nas sub-bacias onde o uso predominante foi cereais de inverno, com a inerente desproteção do solo em períodos (Outubro, Novembro e Dezembro) em que se verifica uma forte concentração da erosividade da chuva.

Figura 7 – Escoamento ( $m^3/ha.ano$ ) (a) e taxa de erosão hídrica ( $\%/ano$ ) (b), simulados pelo modelo *AnnAGNPS*.



Outro aspecto interessante da dinâmica dos sedimentos ao nível de bacia hidrográfica, relaciona-se com a forma, mais ou menos rápida, como os sedimentos são transportados desde a origem até à rede de drenagem, e à secção de referência da bacia hidrográfica. Em alguns eventos, verifica-se uma resposta clara da curva de concentração de sedimentos aos impulsos da curva dos caudais, baixando aquela de forma abrupta, não seguindo a parte descendente do hidrograma (Figura 8) (Williams, 1989).

Podemos constatar uma histerese positiva das curvas (no sentido dos ponteiros do relógio) (Figura 9), indicando que os sedimentos são transportados rapidamente até à secção de controlo da bacia, e serão, por isso, sobretudo provenientes de locais próximos daquela (Soler *et al.*, 2008). Para eventos de mais baixa magnitude (2, 3 e 4 da Figura 9), havendo destacamento e transporte de sedimentos, o escoamento não terá energia suficiente para os transportar até à rede de drenagem, ficando depositados em sítios específicos do terreno (pequenas depressões do terreno ou margens e talvegue das linhas de água).

Figura 8 - Hidrogramas e sedigramas verificados em cinco eventos de escoamento isolados no ano hidrológico 2010/2011.

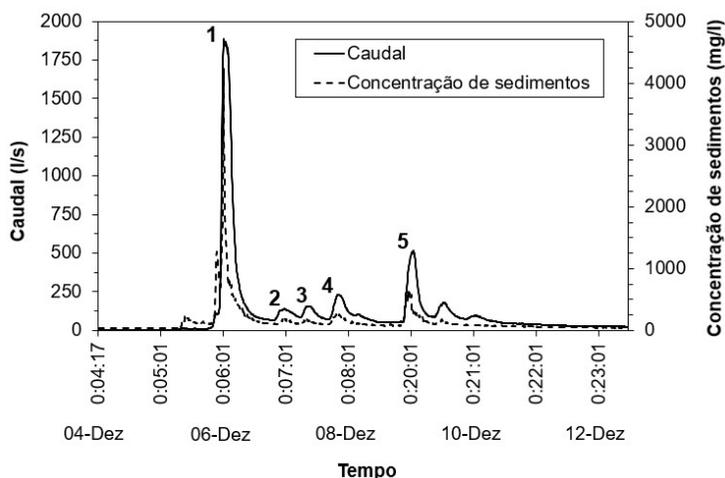
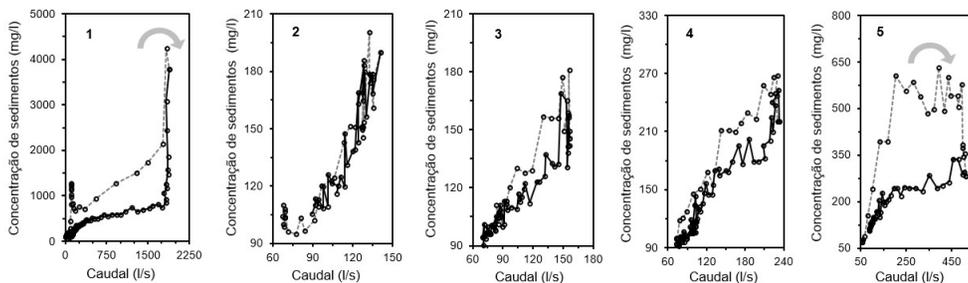


Figura 9 - Histerese das curvas caudal-concentração de sedimentos (histerese positiva nos eventos 1 e 5) (-----, parte ascendente do hidrograma; —, parte descendente do hidrograma).



### 3 CONCLUSÕES

De acordo com os objectivos que nortearam o presente estudo, e os resultados obtidos na prossecução do mesmo, é possível apurar algumas conclusões que se registam a seguir.

O coeficiente de escoamento de uma pequena bacia hidrográfica pode assumir valores anormalmente elevados num ano seco, se a chuva se concentrar em poucas chuvadas com grande capacidade de gerar escoamento. A massa de sedimentos arrastados está associada com os eventos de ponta, evoluindo a respectiva curva acumulada por níveis bem identificados e de magnitude variável. Por outro lado, a perda de solo nas parcelas agrícolas depende da existência de escoamento superficial, mas é também influenciada pela forma de cobertura e gestão do solo, como demonstram os resultados obtidos pelo modelo *AnnAGNPS*. Ainda relativamente à dinâmica dos sedimentos ao nível de uma pequena bacia hidrográfica, a rapidez com que os sedimentos são transportados desde a origem até à rede de drenagem, e até à secção de referência da bacia, pode ser retratada pela forma de histerese (positiva ou negativa) da curva que relaciona o caudal e a concentração de sedimentos, em todo o desenvolvimento do hidrograma do evento de escoamento.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAGNOLD, R. A. 1966. **An approach to the sediment transport problem from general physics**. Prof. Paper 422-J. U. S. Geol. Surv., Reston, Va.

BEVEN, K. J. 2001. **Rainfall-Runoff Modelling – The Primer**. John Wiley and Sons, Chichester.

BOS, M. G., J.A. REPLOGLE, A. J. CLEMMENS. 1991. **Flow measuring flumes for open channel systems**. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

COMUNIDADE EUROPEIA. 2000. Directiva Quadro da Água – estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da Política da Água. **Jornal Oficial da Comunidade Europeia**, L327, 22 de Dezembro de 2000, Bruxelas.

CRONSHEY, R. G., F. G. THEURER. 1998. *AnnAGNPS-Non Point Pollutant Loading Model*. In **Proceedings of First Federal Interagency Hydrologic Modelling Conference**, 19-23 April 1998, Las Vegas, NV.

DUARTE, A. C., V. P. CAVALEIRO, A. P. LEITE. 2012. *Erosão hídrica dos solos – factor de desertificação física e humana*. **Revista EGITANEA SCIENCIA**, Instituto Politécnico da Guarda, Vol. 11, 117-143.

DUARTE, A. C. 2006. **Non source point pollution caused by agricultural activity, at watershed scale**. PhD Thesis, University of Córdoba, Spain.

FAO, 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. R. Roose. **Bulletin Pédologique de la FAO No. 70**, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

GETER, W. F., THEURER, F. D. 1998. AnnAGNPS sheet and rill erosion. **Proceedings of the First Federal Interagency Hydrologic Modelling Conference**. Las Vegas, Nevada. April 19-23, 1998, p. 1-17 to 1-24.

GIRÁLDEZ, J. 1998. La erosión del suelo. In: **Agricultura Sostenible**, Jiménez Días, R. M., J. Lamo de Espinosa, Ed., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

KIRKBY, M. J. 1980. Modelling water erosion processes. In: **Soil Erosion**, Kirkby, M. J., R. P. C. Morgan, Eds., John Wiley, Chichester.

KÖPPEN, W. 1936. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Bornträger, Banda 1, Parte C, p. 1-44.

LENCASTRE, A., FRANCO, F. M. 1984. **Lições de Hidrologia**. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.

LICCIARDELLO, F., ZEMA, D. A., ZIMBONE, S. M., BINGNER, R. L. 2007. Runoff and soil erosion evaluation by AnnAGNPS model in a small Mediterranean watershed. **Transactions of the ASABE** 59(5): 1585-1593.

MERRITT, W. S., LETCHER, R. A., JAKEMAN, A. J. 2003. A review of erosion and sediment transport models. **Environmental Modelling & Software**, 18, 761-799.

RENARD, K. G., FOSTER, G. R., WEESIES, G. A., MCCOOL, D. K., YODER, D. C. 1997. **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. USDA-ARS, Ag. Handbook 703, 404pp.

SERPA, D., NUNES, J.P., SANTOS, J., SAMPAIO, E., JACINTO, R., VEIGA, S., LIMA, J.C., MOREIRA, M., CORTE-REAL, J., KEIZER, J.J., ABRANTES, N. 2015. Impacts of climate and land use changes on the hydrological and erosion processes of two contrasting Mediterranean catchments. **Science of The Total Environment**. Volume 538, Pages 64-77.

SOLER, M., J. LATRON, F. GALLART. 2008. Relationships between suspended sediment concentrations and discharge in two small research basins in a mountainous Mediterranean area (Vallcebre, Eastern Pyrenees). **Geomorphology** 98 (2008) 143-152.

THEURER, F. D., CLARKE, C. D. 1991. Wash load component for sediment yield modelling. In: **Proceedings of the fifth federal interagency sedimentation conference**, March 18-21, 1991, pp. 7-1 to 7-8.

USDA-SCS. 1972. **National Engineering Handbook**. Hydrology Section 4, Chapters 4-10, 16, 19.

WILLIAMS, G. P. 1989. Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in rivers. **Journal of Hydrology**, 111 (1989), 89-106.

WISCHMEIER, W., D. SMITH. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. US Department of Agriculture, **Agricultural Research Service Handbook** 537, 58 pp.

# CAPÍTULO 11

## ACUMULACIÓN, CONCENTRACIÓN Y DESPOJO DEL AGUA SISTEMA DE RIEGO SAN JOSÉ, URCUQUÍ – ECUADOR<sup>1</sup>

Data de submissão: 22/09/2021

Data de aceite: 11/10/2021

**Jorge Armando Flores Ruíz**

Universidad Técnica del Norte  
Facultad de Ciencias Administrativas y  
Económicas  
Ibarra, Imbabura, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0001-7536-2805>

**Hugo Orlando Paredes Rodríguez**

Universidad Técnica del Norte  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y  
Ambientales  
Ibarra, Imbabura, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-5880-1607>

**Fabio Elton Cruz Góngora**

Universidad Técnica del Norte  
Facultad de Ciencias Administrativas y  
Económicas  
Ibarra, Imbabura, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-3853-8768>

**José Gabriel Carvajal Benavides**

Universidad Técnica del Norte  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y  
Ambientales  
Ibarra, Imbabura, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0001-9920-4991>

**Raúl Clemente Cevallos Calapi**

Universidad Técnica del Norte  
Facultad de Ciencias Administrativas y  
Económicas  
Ibarra, Imbabura, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-6931-9875>

**Rocío Guadalupe León Carlosama**

Universidad Técnica del Norte  
Facultad de Ciencias Administrativas y  
Económicas  
Ibarra, Imbabura, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-4918-431X>

<sup>1</sup> El presente trabajo investigativo es el resultado del análisis de las acciones institucionales realizadas en el componente "Gestión social de los recursos naturales", componente riego en el marco general del Proyecto Gestión de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable (COREDES) animado por el equipo técnico local en el cantón San Miguel de Urcuquí vinculado al Centro Internacional de Cooperación para el Desarrollo Agrícola (CICDA); se deriva de la síntesis de la tesis de maestría en manejo comunitario de recursos naturales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, titulado "Gestión social del recurso hídrico en el sistema de riego acequia La Chiquita o San José cantón Urcuquí".

**RESUMEN:** Históricamente en el cantón Urcuquí de la provincia de Imbabura, ha existido conflictos por la posesión del agua; cuya problemática está relacionada con la deleznable organización existente, la inexistencia de espacios amplios de diálogo con hacendados, agroempresarios, juntas campesinas de riego y usuarios del agua para consumo humano; donde las normativas de uso aprovechamiento de los recursos hídricos han sido aplicadas con criterios que no representan el conjunto de las manifestaciones culturales, prácticas, usos y costumbres sobre el uso del agua con

finés (re)productivos, aspectos que fortalecen la organización de los actores sociales. Así mismo, es pertinente analizar nuevos horizontes de despojo, acumulación y concentración de los derechos del agua en el territorio en desmedro de la gran mayoría campesina, el trabajo realizado mediante procesos de participación acción; también promovió nuevos mecanismos de gestión de reparto del agua y mejoramiento de la infraestructura de la distribución hídrica con criterios de equitativa y respeto por los usuarios a los derechos de aprovechamiento en concordancia con la ley de aguas, concluyendo en la aceptación de normas de justicia y equidad en el dominio de su patrimonio natural y social, integrando el respeto de costumbres, prácticas y saberes ancestrales transmitidos a las descendencias como acto cultural de la aceptación de los acuerdos y lo legítimo, la motivación social de los usuarios del agua permitió constituir legalmente un directorio central de aguas como espacio de diálogo y construcción de acuerdos.

**PALABRAS CLAVE:** Despojo. Derechos. Agua. Gestión social.

## ACCUMULATION, CONCENTRATION AND DISPOSSESSION OF WATER SAN JOSÉ IRRIGATION SYSTEM, URCUQUÍ - EQUATOR

**ABSTRACT:** Historically, in the Urcuquí canton of the Imbabura province, there have been conflicts over the possession of water; whose problems are related to the despicable existing organization, the lack of ample spaces for dialogue with landowners, agribusinesses, rural irrigation boards and users of water for human consumption; where the regulations for the use of water resources have been applied with criteria that do not represent the set of cultural manifestations, practices, uses and customs regarding the use of water for (re) productive purposes, aspects that strengthen the organization of the actors social. Likewise, it is pertinent to analyze new horizons of dispossession, accumulation and concentration of water rights in the territory to the detriment of the great majority of farmers, the work carried out through processes of participation and action; It also promoted new mechanisms for the management of water distribution and improvement of the infrastructure of water distribution with criteria of equitable and respect by users for the rights of use in accordance with the water law, concluding in the acceptance of standards of justice and equity in the domain of its natural and social heritage, integrating the respect of customs, practices and ancestral knowledge transmitted to the descendants as a cultural act of acceptance of the agreements and the legitimate, the social motivation of the water users allowed to legally constitute a central water directory as a space for dialogue and construction of agreements.

**KEYWORDS:** Dispossession. Rights. Water. Social management.

## 1 INTRODUCCIÓN

En Ecuador el área total de planificación de los recursos hídricos continentales es de 28000 Km<sup>2</sup> y distribuidos en nueve demarcaciones hidrográficas, establecidas a nivel 4 de la "Clasificación Pfafstetter", considerada desde el año 2010 como la base de la planificación hídrica. En Ecuador el volumen total de recursos hídricos es de 376

Km<sup>3</sup>. Tómese en cuenta que para el año 2010, el consumo de agua en Ecuador alcanza los 15.8 Km<sup>3</sup> incluyendo el consumo doméstico de 1.48 Km<sup>3</sup>, que representan el 9.4% del consumo total de agua; además, el 13.05 Km<sup>3</sup> de consumo agrícola que representa el 82.6% del total y 1.27 Km<sup>3</sup> de consumo de agua de producción industrial y otros, que representan el 8.0% del consumo total (Yáñez L. et al 2017).

No obstante, la oferta hídrica ha sufrido una severa disminución, las demandas de agua para el riego se han multiplicado; a inicios de los años 70, el Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INERHI) consideraba que la superficie bajo riego en el país se establecía sobre las 177500 has. Para el año 2021, la superficie irrigada es de aproximadamente 977000 has. Es decir, en 50 años la superficie bajo riego se ha incrementado en aproximadamente 800000 has, dando cuenta de un crecimiento exponencial de los caudales requeridos para irrigación (SENAGUA, 2019).

Se estima que existen alrededor de 3140000 de hectáreas cultivables de las cuales aproximadamente 31,11% cuentan con infraestructura de riego; se estima que el 22% se beneficia de riego estatal diseñado, construido, operado y administrado por el sector público; mientras que el 78% es regada mediante sistemas de riego particular, campesinos, indígenas minifundistas. De esta superficie, aproximadamente el 50% es el riego campesino es manejado por las comunidades campesinas e indígenas y el 50% es el riego particular empresarial manejado por propietarios medianos y grandes fincas que destinan su producción para la agro exportación.

En cuanto al riego comunitario, este fue visibilizado por muchos años y luego, degradado bajo la acusación de representar concepciones y prácticas arcaicas, anti-técnicas y arbitrarias. De hecho, la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, aprobada a mediados del año 2014, en buena medida refleja esa forma negativamente sesgada de entender el riego de gestión comunitaria. (SENAGUA, 2019, p.22).

Estudios realizados por la ORSTOM, hoy IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo) organismo de investigación francés, definen la existencia de limitaciones técnicas en la captación, conducción y reparto del agua en varios lugares del Ecuador, en el cantón Urcuquí, la problemática de la gestión del agua está relacionada con la frágil organización, la inexistencia de espacios amplios de diálogo entre hacendados, agroempresarios, juntas campesinas de riego y usuarios administradores del agua para consumo humano; factores que inciden en un deficiente monitoreo y control de la disponibilidad del agua, irrespeto a los derechos de uso y aprovechamiento del agua legalmente concesionados y/o autorizados, en sus turnos y repartos; escenario que hace evidente la existencia de frecuentes conflictos sociales y legales, sobre autorizaciones de aprovechamiento y el déficit hídrico, escenario diversos y cosmovisiones diferentes,

disponen apreciaciones sociales y particulares diversas en torno a la reducción de caudales como problemática común.

La disminución de los caudales en las cuatro últimas décadas, marcó un déficit hídrico en los sistemas de riego y agua para consumo humano; aspecto que propició acercamientos y diálogos entre los usuarios del agua y apertura a la intervención institucional de entidades del Estado Ecuatoriano y ONGs internacionales como el CICDA en temas de interés común; el agua y su gestión; equidad y derechos; participación y organización; producción, productividad y comercialización asociativa; el poder de la gestión social colectiva y la gestión política; dicho aspecto, posibilitó la asistencia técnica internacional y la orientación sobre cambios estructurales en la gobernanza y gobernabilidad del agua en el contexto local.

La participación de los pequeños y medianos agricultores vinculados al agua de riego y sus organizaciones de regantes, como principio fundamental de éste enfoque de desarrollo agrario. A través de una organización fortalecida, con una participación activa de sus socios, se logrará la implementación de una estrategia integral de dinamización de la agricultura. La toma de decisiones en espacios colectivos, con principios de democracia y equidad, permitirán la búsqueda de las estrategias más adecuadas para el desarrollo de los territorios bajo riego. (Foro de recursos hídricos, 2014, p. 109)

Adicionalmente, la investigación permitió el análisis de la acumulación, concentración y despojo de los derechos del agua, el empoderamiento social del manejo y gestión del sistema de los sistemas de riego en el cantón Urcuquí, en aras de lograr la disminución de conflictos sociales en los sistemas de riego, y sobremanera la posibilidad de ampliar la participación y niveles de organización, redistribución del agua del riego según los derechos legalmente autorizados, construcción y legitimación de un espacio colectivo amplio de dialogo “Directorio Central de la Acequia la Chiquita o San José” con normativas de gobernanza y gobernabilidad establecidas tanto en el derecho natural como en el consuetudinario; la implementación de obras civiles de distribución y reparto, permitieron abolir el esquema de despojo y acumulación de los derechos del agua, la flexibilización de los actores con poder y control del legado natural y productivo en el territorio.

La gestión de todos los sistemas de riego recae principalmente en los usuarios, por lo tanto, una eficiente organización de los beneficiarios refleja un buen funcionamiento de los sistemas de riego. Además, la organización es la materialización de las normas internas acordadas, asegurando que se cumplan los derechos y obligaciones, y se encarga de su relacionamiento con otros sistemas y con las instituciones estatales (Noordholland, Boelens, & Gerbrandy, 1999, en SENAGUA 2019, p. 70.)

Esta experiencia social permitió recrear nuevos enfoques relacionados a la gestión social de los recursos hídricos y el territorio posibilitando el desarrollo local, con justicia y

equidad, armonizando el poder de los actores locales y su confianza a tomar decisiones acordes a la problemática y oportunidades brindadas por la cooperación nacional e internacional; acceso de los recursos en especial del agua, respeto a los derechos de los distintos grupos, sin exclusión social, reconociendo los bienes comunes como patrimonio estratégico para la vida, cuyos usos y aprovechamientos son definidos no solo por la Ley y el mercado, sino por las normas sociales colectivamente establecidas y reconocidas en el “Directorio central y asambleas generales de los usuarios” asistidos por técnicos de la academia, para diseñar e innovar mecanismos de redistribución social del agua como elemento de vida.

Este ejercicio comprende una serie de aspectos técnico - sociales importantes, cuyo objetivo fundamental es desarrollar y sostener la capacidad para el manejo eficiente de la infraestructura de riego bajo su responsabilidad y así conservarla a través del tiempo, así como el fortalecimiento organizacional de las juntas de regantes a través de una serie de normativas y reglamentos que les permiten canalizar la participación de sus miembros en la gestión sostenible de los recursos hídricos (SENAGUA, 2019, p. 70)

## **2 PROCESOS DE CONCENTRACIÓN, DESPOJO DEL AGUA Y REFORMA CONSTITUCIONAL EN ECUADOR**

El proceso de privatización del agua en el Ecuador originado a través del monopolio y concentración del agua a favor de los grandes latifundistas, “herencia colonial de saqueo y despojo de la naturaleza,” (Buitrón, 2009, p.141), cuya actitud se mantiene y es preponderante, en razón del beneficio a los latifundistas, perjudicando de tal manera a los pequeños productores, ocasionando una distribución inequitativa del agua. En Ecuador la distribución heterogénea y desemejante deviene desde el propio Estado que ha generado sistemas de riego favoreciendo al sector de los terratenientes. “La concentración del agua en pocas manos es notable. El Estado, a través de 64300 concesiones, ha entregado 2240 m<sup>3</sup>/s de agua; un caudal superior en la realidad por la apropiación indebida del líquido vital. Las dos terceras partes de dicho caudal (74,28%) se registraron en el subsector eléctrico, con 147 concesiones. El riego con 31519 concesiones representa el 49,03% del total; es decir 19,65% del caudal. Las concesiones para el uso doméstico del agua son numerosas, 21281 (33,1%), pero representan apenas 1,22% del caudal concesionado”.

Ecuador presenta un excesivo proceso de concentración del agua en pocas manos, se vive el tiempo del “despojo del agua”. El discurso dominante y fundamentalista encubre y solapa una realidad social, y está custodiada con la política neoliberal. Los

grupos de poder disponen de un marco normativo y la aprobación de intereses políticos que aseguran el dominio y la concentración del agua y la tierra; esta situación tiene raíces coloniales en la sierra ecuatoriana. (Foro de los Recursos Hídricos, 2008.)

Los aspectos que generan conflictos entre los usuarios del agua y constituye las sobreconcesiones, que generan una concentración y despojo de los recursos hídricos en territorios donde el agua constituye un recurso limitado frente a la demanda.

Las sobreconcesiones de agua se producen por varias causas, el Estado no dispone de un inventario de recursos hídricos que permita conocer la disponibilidad total y sobre ello distribuir el agua, tomando en cuenta las necesidades de cada territorio y manteniendo un caudal ecológico mínimo.

Debido a la ampliación de la frontera agrícola y al cambio climático global, el régimen de lluvias cambió notablemente en el Ecuador, en épocas secas disminuye la disponibilidad, aunque en las épocas lluviosas aumenta el agua superficial en buena parte en los ríos, tiempo en el cual los terratenientes, hacendados y empresarios agroindustriales solicitan autorizaciones de aprovechamiento del agua con caudales ficticios que en épocas de escasas de lluvias no existe.

La gestión de los recursos hídricos, mediante resolución del 15 de enero de 1996, del Consejo Consultivo de Agua expuso facultades inconstitucionales, otorgando concesiones de agua con fines económicos a plazo indeterminado. El propósito de esta resolución fue consolidar la monopolización del agua y despojar al Estado su facultad de ordenar la distribución del agua en función de los intereses de la sociedad actual y futura. La autorización debe ser el instrumento clave para el manejo sustentable de las fuentes, la prevención y control, el uso apropiado del agua en los procesos productivos y manejo de conflictos.

La gestión comunitaria y en general, la colectiva del agua es garantía de cohesión social en el agro, condición básica para el desarrollo económico local, herramienta de una gestión territorial comunitaria y factor central de la soberanía alimentaria del país. Pero, además, si se reconoce, como en efecto, en su artículo 314 lo hace la Constitución, de que la provisión de los servicios de riego, independientemente de quien lo preste, es un servicio público, por lo tanto, es responsabilidad del Estado, lo que nos lleva a plantear que la gestión comunitaria del riego es una forma de contribución de las organizaciones sociales del agro al Estado y al conjunto de la sociedad, evidenciando, nuevamente, el carácter multifuncional del riego. (SENAGUA, 2019, p. 22)

El Consejo Nacional de Recursos Hídricos “CNRH” concedió 20437 autorizaciones, que representan el 32% del total (64285) de concesiones dadas. De éstas se tomó una muestra en cuatro provincias y se verificó que 1129 concesiones con fines económicos tenían plazo indeterminado (Tabla # 1.)

Tabla # 1. Las concesiones del periodo (1996-2007) periodo plazo indeterminado representan el 32% del total.

<b>Agencia</b>	<b>Concesiones</b>	<b>Concesiones verificadas</b>
Ambato	325	
Cuenca	1.865	47
Esmeraldas	4	
Guaranda	881	
Guayaquil	549	154
Ibarra	788	21
Latacunga	907	907
Loja	9.297	
Machala	798	
Portoviejo	27	
Quito	1.564	
Riobamba	3.432	
<b>Suman</b>	<b>20.437</b>	<b>1,129</b>

Fuente: CNRH 2007.

La Constitución del Ecuador, la Ley y el Reglamento a la Ley de Aguas, en la actualidad, establecen disposiciones en función de los intereses sociales, los mismos que en el actuar se desvanecen y prevalece el favorecer a los grupos de poder.

El tema del control en la gestión sigue siendo el centro de la polémica: por cuanto el Estado el Art. 318 de la Constitución establece que la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria, en la práctica se puede evidenciar que lo comunitario es invisibilizado debido a la falta de involucramiento y participación de los actores sociales en la gestión comunitaria; y debido a la complejidad del nuevo ordenamiento institucional del agua, las comunidades, que han gestionado el agua de manera propia y han construido organizaciones políticas fuertes alrededor del agua, se niegan a ceder sus derechos examinándose si en realidad, el Estado sea capaz de garantizar el manejo sostenible de los recursos hídricos disponibles y ejecutar la redistribución para acabar con la inequidad actual e incluir políticas que respondan a las demandas sociales.

La gestión de los sistemas de riego, se refiere a los procesos que determinan la forma en que sociedades heterogéneas logran la organización, la capacidad para la toma de decisiones, el orden y las reglas. El resultado y conjunción de estos elementos permite implementar herramientas y acciones que facilitan la gestión y puesta en funcionamiento de los sistemas de riego, a partir de prácticas comunes pero necesarias, que se refieren a la administración, operación y mantenimiento (Hoogesteger, 2014 citado en SENAGUA 2019 p.70).

Los principales involucrados en el tema del agua explican que el gobierno central carece de una institucionalidad fuerte en este aspecto y que las competencias no son

evidentes. Sin embargo, de que se cuenta con el Plan Nacional de los Recursos Hídricos 2035, cuya situación impide ser garante real para el derecho humano de acceso y de uso al agua. Las organizaciones sociales manifiestan que existe contradicción entre el discurso y la implementación de políticas relacionadas con la gestión del agua, por tanto, la debilidad en las instituciones estatales continúa favoreciendo a ciertos grupos de poder e intereses empresariales.

### 3 UNA MIRADA A LA CONCENTRACIÓN Y DESPOJO DE LOS DERECHOS DEL AGUA EN EL CONTEXTO LOCAL

El análisis desarrollado por CICDA sobre la concentración del agua en tres parroquias Salinas, Urcuquí y San Blas de la provincia de Imbabura determina la concentración del agua y el despojo de los derechos por parte de los hacendados a los minifundistas del territorio captan en conjunto el 91% del caudal, y sobra apenas un remanente del 9% para los medianos y pequeños productores (Tabla # 2). Este nivel de acumulación está relacionado también con la histórica y fuerte presencia de la hacienda en la provincia de Imbabura.

Tabla # 2. La concentración del agua en tres parroquias de la provincia de Imbabura.

Usuarios	Parroquia	Salinas	Parroquia	Urcuquí	Parroquia	San Blas	Promedio
	l/s	%	l/s	%	l/s	%	%
Hacendados	1.669	93	369	90	1.188	81	91
Medianos y pequeños productores	12	7	42	10	270	19	9
<b>Total</b>	<b>1.681</b>	<b>100</b>	<b>411</b>	<b>100</b>	<b>1.458</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: CICDA - Agrónomos y Veterinarios Sin Fronteras, 2005.

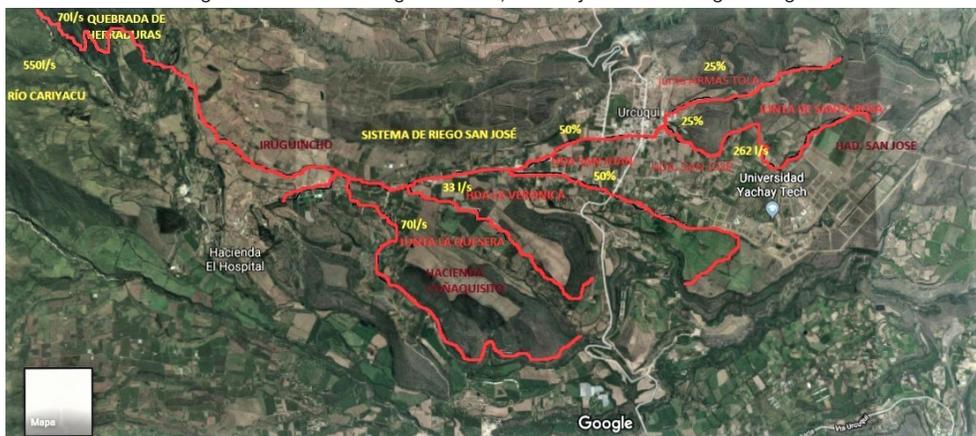
Las concesiones del agua en el cantón Urcuquí, alcanzan el 99% del caudal, las fuentes de abastecimiento principales son los Ríos “Cariyacu” y “Huarmiyacu” afluentes de la microcuenca del Río Ambi. Se registran 2685,58l/s concesionados; para riego 2474l/s, a la actividad piscícola 68l/s; y 279l/s para uso doméstico beneficiando a 29159 habitantes (CNRH, 2010).

### 4 LA GESTIÓN INSTITUCIONAL Y LA CONSTRUCCIÓN DE JUSTICIA Y EQUIDAD EN EL REPARTO DEL AGUA RELACIONADA AL SISTEMA DE RIEGO SAN JOSÉ

Ante la solicitud de apoyo para el mejoramiento del sistema de riego San José, el CICDA formula el proyecto “Gestión de los Recursos Naturales en el cantón Urcuquí” en el

año 2002 y encauzado a establecer estrategias sociales y técnicas para el fortalecimiento organizacional, institucional para el manejo administrativo, operativo y mantenimiento del sistema de riego; además el mejoramiento de la infraestructura hidráulica que incida en el reparto legal, promover iniciativas agro productivas de mayor valor comercial, ha permitido que con su gestión institucional es factible establecer mecanismos técnicos para el seguimiento y control de la justa distribución en el reparto y turnos del agua sobre los “derechos y autorizaciones legales del agua” en el sistema de riego se adjudican y autorizan el acceso del caudal de 550l/s. de domingo 16h00 al sábado 12h00 el 100% de caudal usan las haciendas; los sábados desde las 12h00 a 18h00 y los domingos desde las 06h00 hasta las 16h00; el 50% es distribuido a la Junta de Riego San Juan y el otro 50%, entre las comunidades mestizas de Santa Rosa y Armas Tola, en la parte baja de Urcuquí, horario establecido cada fin de semana (Imagen # 1).

Imagen # 1. Sistema de riego San José, acceso y distribución legal del agua.



Fuente: Diseñado a partir de base Google maps por los autores 2021.

## 5 CONTEXTO DE LA ACEQUIA CHIQUITA O SAN JOSÉ

Esta acequia dispone de dos captaciones: 1) En el río “Cariyacu” y, 2) en la quebrada Herraduras de tipo espigón de encausamiento y cuenta a 350m de un tanque de retención de sedimentos, evitando el ingreso de material pétreo a la acequia. El caudal aforado en el río “Cariyacu” en el sitio de captación es de 400l/s inferior al caudal concesionado 550l/s, caso similar es el caudal en la quebrada Herraduras en que existe un caudal de 51.39l/s, y que es inferior al concesionado de 70l/s. En suma, genera un total captado de 451,39l/s que es inferior al autorizado.

La acequia constituye un trasvase del río “Cariyacu” a la quebrada Herraduras, el canal principal es de tierra hasta llegar a la comunidad de San Antonio de Purapuche

con una longitud total de 26,51km. En su recorrido se encuentra sujeta a potenciales riesgos; el trazado del canal se adapta a la topografía de la zona, donde las gradientes geométricas varían en forma continua. Además, inciden directamente en su sección, presentándose varios saltos a lo largo de su recorrido, por su desnivel de 100 m carga en el sector de San Juan en la parroquia de San Blas se ha establecido una planta hidroeléctrica, constituyéndose en un proyecto multipropósito, con la generación de 20 KW/h para beneficio único del Ingenio San José hoy ubicado el Proyecto “Yachay” o ciudad del conocimiento.

La zona de riego inicia en el sector de “Iruguincho” con el primer repartidor para la comunidad de San Juan y las haciendas San Juan y La Verónica, para continuar con los sectores de El Molino, San Blas, San Ignacio, Santa Rosa, ingresando con un caudal 276,56l/s al área de riego de “Yachay”, y al final para fusionarse con el caudal de remanentes en la acequia La Jijona beneficiando a la comunidad de San Antonio de Purapuche.

Los aforos del caudal de agua distribuido en los sitios de reparto definen acumulación y despojo de los derechos por parte de las haciendas en caudales entre 65 a 85l/s, lo que motivo la construcción de cajas de reparto porcentual que permitan el reparto justo y legal y respeto de los derechos consuetudinarios para las Juntas campesinas de San Juan, Armas Tola y Santa Rosa y establecidos en las autorizaciones de aprovechamiento de la SENAGUA, manteniéndose el despojo por el Proyecto “Yachay”, cuyo caudal es de 27656 l/s otorgado para varios fines al interior del proyecto a desmedro de sus iniciales concesionarios las juntas de regantes campesinos.

La apropiación y despojo de los derechos del agua, en el escenario de la investigación define situaciones históricas y presentes sobre el dominio y relaciones de poder sobre el acceso y control del agua. Y en el territorio por parte de las haciendas forzó los derechos alcanzados mediante lucha social al agua de riego a las juntas campesinas y comunidades locales cuyo sustento agro productivo depende del agua y la tierra; su capacidad de gestión ante la cooperación internacional y la academia ha permitido abolir procesos de privatización, mercantilización y apropiación de bienes comunes, generando un enfoque sistémico “el agua como patrimonio social de calidad de vida que beneficie a todas y todos”.

## 6 CONCLUSIONES

El agua es un derecho, y no una mercancía, por lo que no puede estar expuesto a los intereses y poderes que se mueven en torno a ella. Por tal motivo el destino del agua debe ser para actividades productivas que garanticen la vida, fortaleciendo el tejido y

relaciones sociales y los territorios garantizado anticipadamente los derechos humanos de los usuarios del agua.

El dominio y la propiedad de la tierra articulan, la inequitativa distribución del agua, generando concentración de los recursos hídricos históricamente reproducidos y mantenidos en el legado del poder económico de los hacendatarios y agroempresarios.

El interés social de los diversos actores ante la disminución de los caudales motivó la consolidación de acuerdos que han permitido la conformación del Directorio Central de la Acequia San José. En dicha instancia se fusiona las relaciones de poder campesino entre haciendas, agroempresas, juntas campesinas. Adicionalmente, esta correlación permite la intervención de organismos internacionales y la academia para favorecer la aplicación de competencias públicas en la gestión del riego. La inserción de los nuevos acuerdos instituidos en que se pondera las manifestaciones culturales donde se auscultan dinámicas organizacionales, prácticas y saberes locales para la administración, operación, mantenimiento y manejo del sistema de riego, permite mejorar la gestión del riego con un enfoque legítimo, justo y equitativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asamblea Nacional del Ecuador (2014); Ley orgánica de los recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

CNRH, (2005). Base de datos.

CNRH, (2007). Base de datos.

Constitución de la República del Ecuador del 2008.

Flores, A. (2005). Gestión social de los recursos hídricos en el sistema de riego acequia la Chiquita o San José, Tesis del programa de Maestría Manejo Comunitario, PUCE.

Foro de los Recursos Hídricos, (2008). El despojo del agua y la necesidad de la transformación urgente.

Foro de los Recursos Hídricos, (2014). La tecnificación de la agricultura familiar bajo riego en Ecuador.

Gaybor, J. (2011). "Reconocimiento y Aplicación del Derecho Humano al agua en el Ecuador", Tesis presentada como requisito para el título de abogada Quito-Ecuador.

Ramos, A. Tamayo, C. (2008). Estudio del Agro sobre concentración del agua de riego, concesiones y tomas ilegales.

SIPAE, (2010). Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador, Tierra y Agua Interrelaciones de un acceso inequitativo, Universidad Central del Ecuador.

Secretaría del agua (SENAGUA), (2019). Plan nacional del riego y drenaje 2019-2027.

Universidad Central del Ecuador, (2014). Análisis del derecho al agua y su reconocimiento en la Constitución de la República del Ecuador del 2008.

Yáñez L. et, al (2017). Resumen del Plan Nacional de Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos y de las Cuencas y Microcuencas hidrográficas de Ecuador.

# CAPÍTULO 12

## BALANÇO HIDROLÓGICO E TRANSPORTE DE AGROQUÍMICOS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DAS FURNAS, S. MIGUEL AÇORES

Data de submissão: 30/09/2021

Data de aceite: 11/10/2021

### José Carlos Goulart Fontes

Universidade dos Açores  
Faculdade de Ciências Agrárias e do  
Ambiente  
Rua Capitão João d'Ávila 9700  
Angra do Heroísmo, Açores Portugal  
CV

### Juan Carlos Santamarta Cerezal

Universidade de La Laguna  
Dep<sup>to</sup> de Engenharia Agrícola  
Carretera general de Geneto  
2. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería  
Apartado 456. Código postal 38200  
San Cristóbal de La Laguna. S/C de Tenerife  
Espanha  
CV

**RESUMO:** O comportamento hidrológico numa região é de extrema importância quando se pretende conhecer o estado dos recursos hídricos superficiais numa determinada bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica da “Lagoa das Furnas”, S. Miguel Açores, tem uma área total de drenagem de 1028 hm<sup>2</sup>, parte desta área é ocupada com solos de pastagem permanente com pastoreio e aplicação de fertilizantes, que origina escoamento

superficial com contaminantes para a lagoa. A redução da carga de agroquímicos que aflui à Lagoa das Furnas foi implementada com a florestação de áreas ocupadas com pastagens e a construção em dezembro de 2017 de um canal de drenagem para desvio de parte da área ocupada com pastagem permanente, reduzindo a área de drenagem para a lagoa das Furnas em 221,27 hm<sup>2</sup>. Este trabalho insidiu na sub-bacia do “Salto da Inglesa”, que representava 30% da área total, ficando depois reduzida a 10% da área total da bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas depois da abertura do canal de drenagem. Os resultados revelam um aumento da percentagem de solos saturados dentro da bacia após a abertura do canal de drenagem, onde a capacidade de infiltração se encontra limitada, tendo como consequência um aumento do coeficiente de escoamento de 0,20 para 0,49. No entanto a quantidade de escoamento superficial drenado na sub-bacia do “Salto da Inglesa” teve uma redução de 42% após a abertura do canal de drenagem, com 275 kg hm<sup>-2</sup> de sedimento transportado anualmente. A concentração média de nitrato na água de escoamento superficial diminuiu após a abertura do canal de 6,56 mg L<sup>-1</sup> a 0,62 mg L<sup>-1</sup>. O fósforo solúvel apresenta uma grande variabilidade temporal, com uma diminuição do total exportado da sub-bacia do “Salto da Inglesa”, de 87 kg ano<sup>-1</sup> para 68 kg ano<sup>-1</sup> após a abertura do canal de drenagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço hidrológico. Bacia hidrográfica. Agroquímicos.

## HYDROLOGICAL BALANCE AND TRANSPORT OF AGROCHEMICALS TO THE LAGOA DAS FURNAS WATERSHED, S. MIGUEL AZORES

**ABSTRACT:** The hydrological behavior of a region is of utmost importance when is required to know the situation of surface water resources in a hydrographic basin. The drainage basin of “Furnas Lake” in “San Miguel Azores” island, has a total drainage area of 1028 hm<sup>2</sup>, part of this area is occupied by permanent pasture soils with grazing and fertilizer application, which originates surface runoff with contaminants into the lake. The reduction of the agrochemical loads that flows into “Furnas Lake” was implemented with the afforestation of areas occupied with pasture and the construction, in December 2017, of a drainage channel to divert part of the area occupied with permanent pasture, reducing the drainage area to Furnas Lake by 221,27 hm<sup>2</sup>. This work focuses on “Salto da Inglesa” sub-basin, which represented 30% of the total area, being then reduced to 10% of the total area of the “Lagoa das Furnas” watershed after the opening of the drainage channel. The results reveal an increase in the percentage of saturated soils after the drainage channel opening, where the infiltration capacity is limited, having consequently an increase in the run-off coefficient from 0,20 to 0,49. However, the quantity of drained superficial runoff in the “Salto da Inglesa” sub-basin had a reduction of 42% after the drainage canal opening, with 275 kg hm<sup>-2</sup> of sediment transported annually. The average nitrate concentration in the surface runoff water decreased after the drainage canal opening from 6,56 mg L<sup>-1</sup> to 0,62 mg L<sup>-1</sup>. Soluble phosphorus shows a great temporal variability, with a decrease in the total exported from the “Salto da Inglesa” sub-basin, from 87 kg year<sup>-1</sup> to 68 kg year<sup>-1</sup> after the opening of the drainage canal.

**KEYWORDS:** Hydrological balance. Watershed. Agrochemicals transport.

### 1 INTRODUÇÃO

A natureza geológica e climática das ilhas vulcânicas, com baixa pluviosidade e alta pressão sobre os recursos hídricos, não favorece a existência de águas de superfície permanentes sob a forma de rios ou lagos. A bacia hidrológica e os aquíferos, são as unidades fundamentais da hidrologia insular. O conhecimento correto dos mesmos pode aumentar a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis (Santamarta, 2014a). Para estudar os recursos hídricos nas ilhas vulcânicas é necessário compreender os processos e estruturas geológicas envolvidas no ciclo hidrológico. A permeabilidade inicial dos terrenos vulcânicos jovens afeta o comportamento e a tipologia dos recursos hídricos das ilhas (Santamarta, 2014b).

No entanto, noutros sistemas de ilhas vulcânicas, com maior pluviosidade e existência de terrenos impermeáveis, podem ocorrer lagoas, como no caso do arquipélago dos Açores, nas ilhas de São Miguel, Pico e Flores (Santamarta, 2013).

Os processos hidrológicos nas Ilhas do Arquipélago dos Açores são influenciados pelo uso e manejo do solo, que, devido à sua origem vulcânica e evolução recente

apresentam características químicas e físicas específicas, como consequência dos seus processos genéticos (Fontes, 2012). Os processos naturais das bacias hidrográficas das lagoas estão associados a chuvadas frequentes e de grande intensidade, com produção de escoamento superficial, assim como à ocorrência de fenómenos de erosão do solo com transporte de agroquímicos (Fontes *et al.*, 1999).

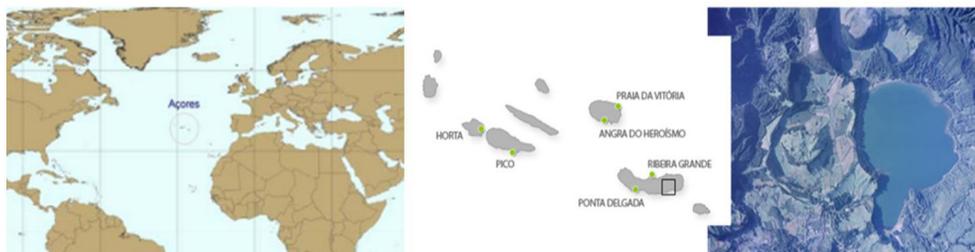
A ocupação do solo e manejo com as cargas animal e de fertilizantes aplicadas nas áreas envolventes às lagoas são de extrema importância para a qualidade da água nas lagoas (Fontes, 2014). A maior parte do fósforo que é transferido para a massa de água tem origem no escoamento superficial drenado a partir de uma pequena proporção da área total da bacia, admitindo-se que em média 75-80% do fósforo transportado tem origem em cerca de 20-25% da área da bacia, ocorrendo apenas na existência de eventos pluviométricos que originam escoamento superficial (Pinheiro *et al.*, 2016).

A redução da carga de fósforo que aflui a uma massa de água é sem dúvida a principal estratégia de recuperação de uma lagoa natural, a qual no caso da bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas tem vindo a ser implementada através de várias medidas de ordenamento, tais como florestação de novas áreas e eliminação do pastoreio direto e de fertilizações em mais de 50% da área de pastagens (Pinheiro *et al.*, 2016), e a construção de um canal para o desvio de uma parte significativa das águas de escoamento superficial provenientes da área ainda sujeita a pastoreio direto com aplicação de fertilizantes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, ilha de S. Miguel Açores (figura 1), possui uma área de drenagem natural de 1028,00 hm<sup>2</sup>, com solos ocupados com vegetação natural e de pastagem permanente com pastoreio e aplicação de fertilizantes, que origina escoamento superficial com contaminantes para a lagoa. Para diminuir a carga de poluentes para a lagoa, foi construído em 2017 um canal para desvio de água drenada por 212,27 hm<sup>2</sup> na linha de água do Salto da Inglesa para fora da bacia hidrográfica.

Figura 1. Bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, S. Miguel Açores.



Junto ao plano de água da lagoa existe uma estação meteorológica, localizada a  $37^{\circ} 45' 43''$  N;  $25^{\circ} 19' 45''$  O e 280 m de altitude, onde é registado os valores da temperatura máxima e mínima do ar, radiação solar, humidade relativa máxima e mínima do ar, direção e velocidade do vento e precipitação (figura 2) e no Salto da Inglesa, localizado  $37^{\circ} 46' 11''$  N;  $25^{\circ} 20' 21''$  O e 495 m de altitude, existe uma estação hidrométrica, com registo da altura de água a montante de um descarregador triangular na linha de água e um amostrador automático da marca Teledyne ISCO modelo 6712, alimentado com bateria e painel solar, para recolha de amostras de água, compostas ao longo do tempo, para análise laboratorial (figura 3).

Figura 2. Estação meteorológica da Lagoa das Furnas, S. Miguel Açores, localizada a  $37^{\circ} 45' 43''$  N;  $25^{\circ} 19' 45''$  O e 280 m de altitude.



Figura 3. Amostrador automático de recolha de amostras de água para análise laboratorial, marca Teledyne ISCO, modelo 6712.

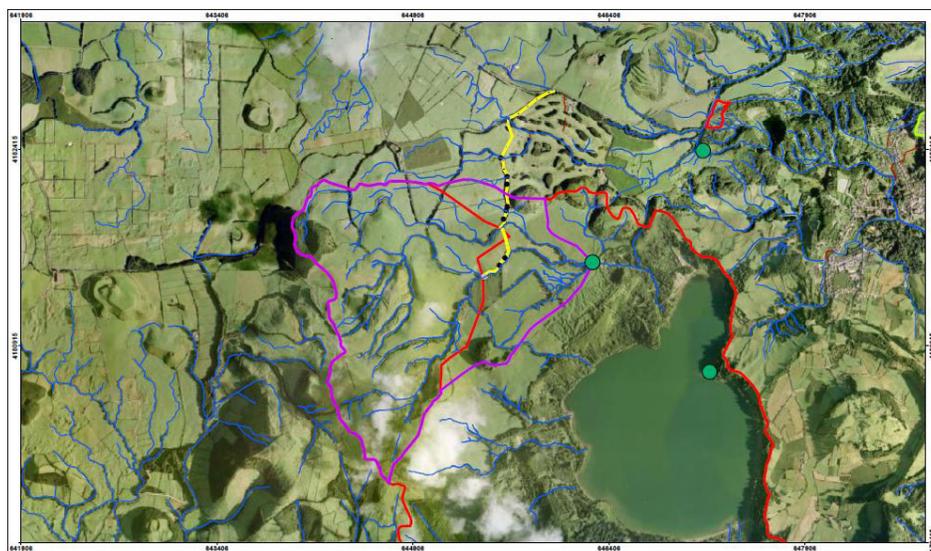


Os métodos analíticos determinados nas amostras de água foram os seguintes: pH por potenciometria; Condutividade elétrica por condutimetria; Determinação de fósforo total solúvel - filtração da amostra, digestão com persulfato e cálculo do fósforo através do método colorimétrico com ácido ascórbico (Kovar and Pierzynski, 2009); Determinação dos ortofosfatos - cálculo do fósforo através do método colorimétrico com ácido ascórbico; Determinação de Sólidos Suspensos Totais à temperatura de 103-105°C; Determinação de nitratos através do Kit da WTW com a referência 14773, em que a gama de leitura está entre os 0,2 e os 20 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>; Potássio, cálcio e magnésio por absorção atômica.

No Fojo, muito próxima do limite da bacia hidrográfica da lagoa das Furnas, existe uma estação udométrica, localizada a 37° 46' 39" N; 25° 19' 50" O e 480 m de altitude. Todas estas estações fazem parte da rede hidrometeorológica dos Açores da Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas, sendo totalmente automatizadas com registos diários.

Este estudo incidiu na sub-bacia do Salto da Inglesa com uma área natural de 294,23 hm<sup>2</sup>, que representava 28,6% da área total da bacia hidrográfica da lagoa das Furnas e uma cota que varia entre os 495 m e os 707 m de altitude, entre os anos hidrológicos de 2011/12 a 2016/17, antes da construção do canal para desvio de parte da água drenada para a lagoa e 2017/18 a 2019/20 depois da construção do canal de desvio. Neste último período, a bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas ficou reduzida a 815,73 hm<sup>2</sup>, ficando a sub-bacia do salto da inglesa apenas com 81,96 hm<sup>2</sup>, representado agora 10% da área total da bacia, com uma cota que varia entre os 495 m e os 620 m de altitude (figura 4).

Figura 4 – Sub bacia hidrográfica do salto da inglesa (traçado lilás), com delimitação da área de drenagem desviada (traçado laranja) e a conduta de desvio (traçado amarelo).



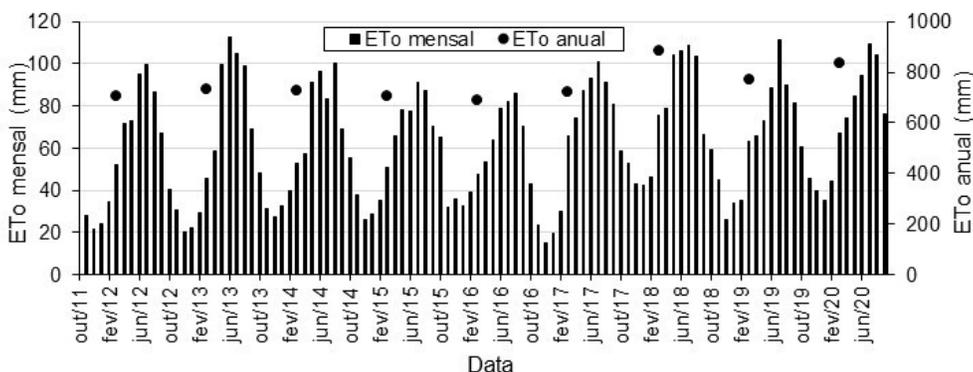
A precipitação ponderada sobre parte ou a totalidade da bacia hidrográfica foi estimada a partir da relação encontrada entre a quantidade de precipitação registada na estação da lagoa das Furnas a uma cota de 280 m e a quantidade de precipitação registada na estação do Fojo a 480 m de altitude para os anos hidrológicos de 1976/77 a 2013/14. Para estas duas estações, verifica-se uma dependência direta com a altitude,  $r^2 = 0,80$ , com um aumento de 12,5 % por cada 100 m de altitude. A variação da precipitação com a altitude também já tinha sido referida por Bettencourt (1977) para os Açores.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi calculada pelo método de Penman-Monteith FAO (Allen et al., 1998), a partir dos dados registados na estação meteorológica da lagoa das Furnas situada a uma cota de 280 m de altitude. Os valores da ET<sub>o</sub> ponderados para a sub-bacia do Salto da Inglesa foram estimados a partir da relação encontrada para estações localizadas a cotas entre os 280 m e os 770 m (Pinheiro et al., 2016).

### 3 RESULTADOS

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) mensal e anual estimada pelo método de Penman-Monteith FAO (Allen et al., 1998), a partir dos dados registados na estação meteorológica junto ao plano de água da lagoa das Furnas para os anos hidrológicos de 2011/12 a 2019/20 está representada na figura 5. A evapotranspiração de referência anual junto à Lagoa das Furnas, variou entre um máximo de 886 mm e um mínimo de 677 mm, com uma média de 752 mm.

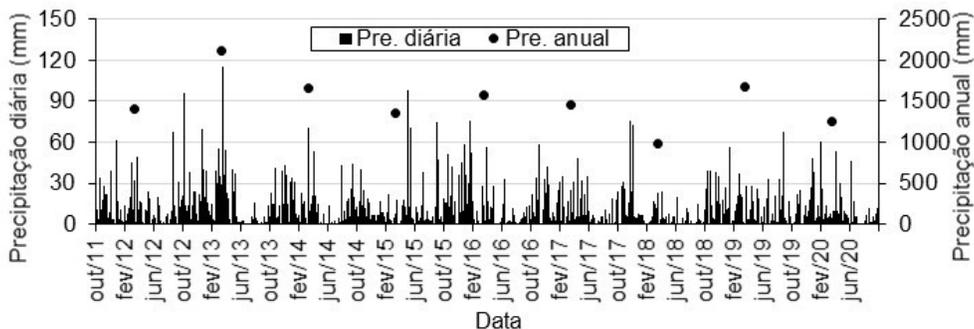
Figura 5 – Evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith FAO (Allen et al., 1998), a partir dos dados registados na estação meteorológica da Lagoa das Furnas situada a uma cota de 280 m, para os anos hidrológicos de 2011/12 a 2019/20.



A precipitação diária e anual, para os anos hidrológicos de 2011/12 a 2019/20, registada na estação meteorológica da Lagoa das Furnas está representada na figura 6. A precipitação anual variou entre um mínimo de 986 mm para o ano hidrológico de

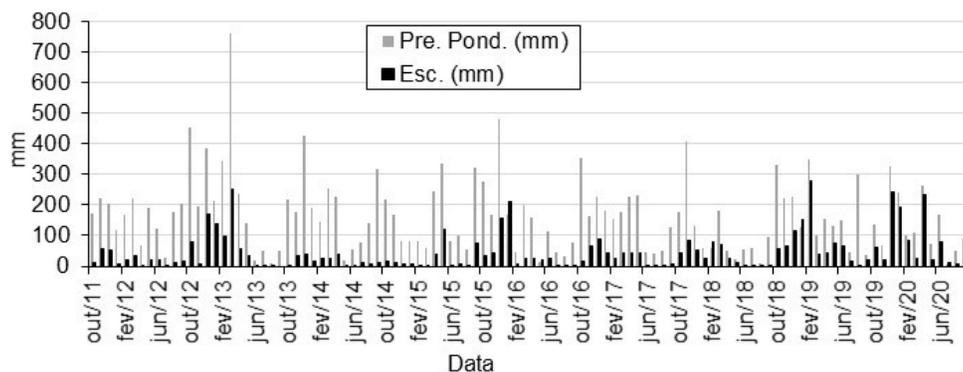
2017/18 e um máximo de 2116 para o ano hidrológico de 2012/13, com um valor médio anual de 1500 mm. O valor máximo diário foi de 115 mm.

Figura 6 – Precipitação diária e anual registada na estação meteorológica da Lagoa das Furnas situada a uma cota de 280 m.



A precipitação total mensal ponderada para a sub-bacia do Salto da Inglesa e o escoamento superficial registado na estação hidrométrica do salto da Inglesa a 495 m de altitude, para os anos hidrológicos de 2011/12 a 2019/20, estão representados na figura 7. Neste período, o ano hidrológico de 2013/14 foi o ano de menor escoamento superficial, com 204 mm.

Figura 7 – Precipitação mensal ponderada para a sub-bacia do Salto da Inglesa e escoamento superficial registado na estação hidrométrica do Salto da Inglesa para os anos hidrológicos de 2011/12 a 2014/15.



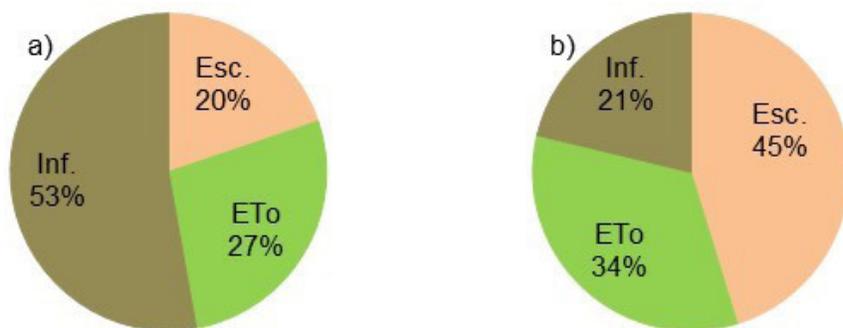
Nos dois períodos de análise, antes da construção do canal de drenagem referente aos anos hidrológicos de 2011/12 a 2016/17 e após a construção do canal de drenagem, referente aos anos hidrológicos de 2017/18 a 2019/20, o coeficiente de escoamento médio foi de 0,20 e 0,49 respetivamente.

O balanço hidrológico da sub-bacia do Salto da Inglesa para os dois períodos distintos está representado na figura 8. Para o período referente aos anos hidrológicos de

2011/12 a 2016/17, a precipitação direta média anual foi de 2100 mm, evapotranspiração 575 mm, infiltração 1109 mm e escoamento superficial 416 mm. Para o período referente aos anos hidrológicos de 2017/18 a 2019/20, a precipitação direta média anual foi de 1708 mm, evapotranspiração 572 mm, infiltração 363 mm e escoamento superficial 773 mm.

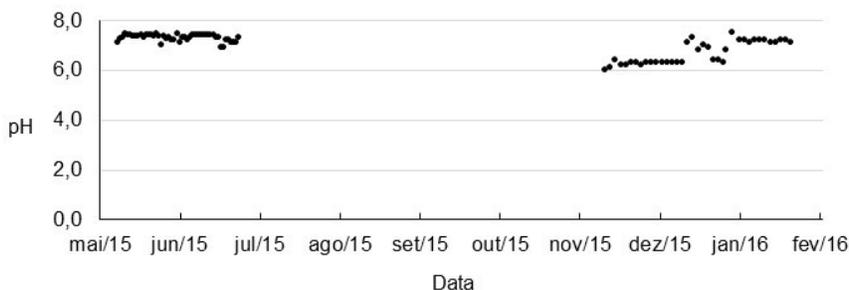
O amostrador automático de recolha de amostras foi instalado em maio de 2015, na linha de água junto ao Salto da Inglesa, sendo programado para a recolha de uma amostra com 150 ml de 8 em 8 horas, correspondendo a uma amostra composta de 2 em 2 dias de 900 ml. Foram colhidas amostras em dois períodos distintos, um durante o período de menor precipitação anual (maio a julho de 2015) e outro durante a época mais chuvosa (novembro de 2015 a março 2016).

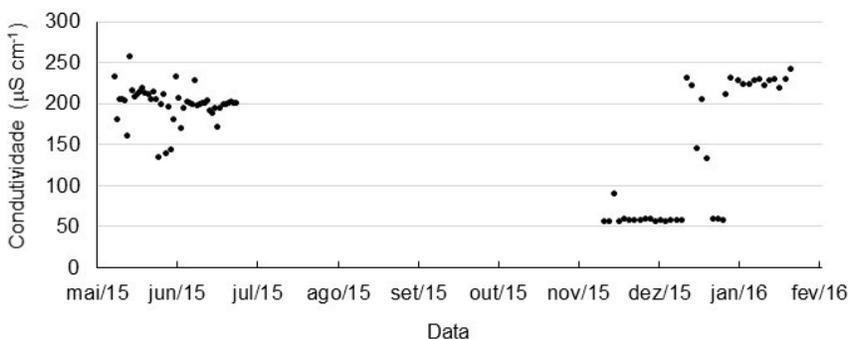
Figura 8 – Balanço hídrico da sub-bacia do Salto da Inglesa, inserida na bacia hidrográfica da lagoa das Furnas. a) referente aos anos hidrológicos de 2011/12 a 2016/17 e b) referente aos anos hidrológicos de 2017/18 a 2019/20.



Os valores do pH e da condutividade elétrica, analisados na água de escoamento superficial, estão representados na figura 9. O valor médio do pH foi de 7,0, verificando-se no início do período chuvoso valores mais baixos, na ordem de 6,3. A condutividade elétrica registou a mesma tendência, com valores mais baixos nesse período de 59  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e, um valor médio no período total de 170  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

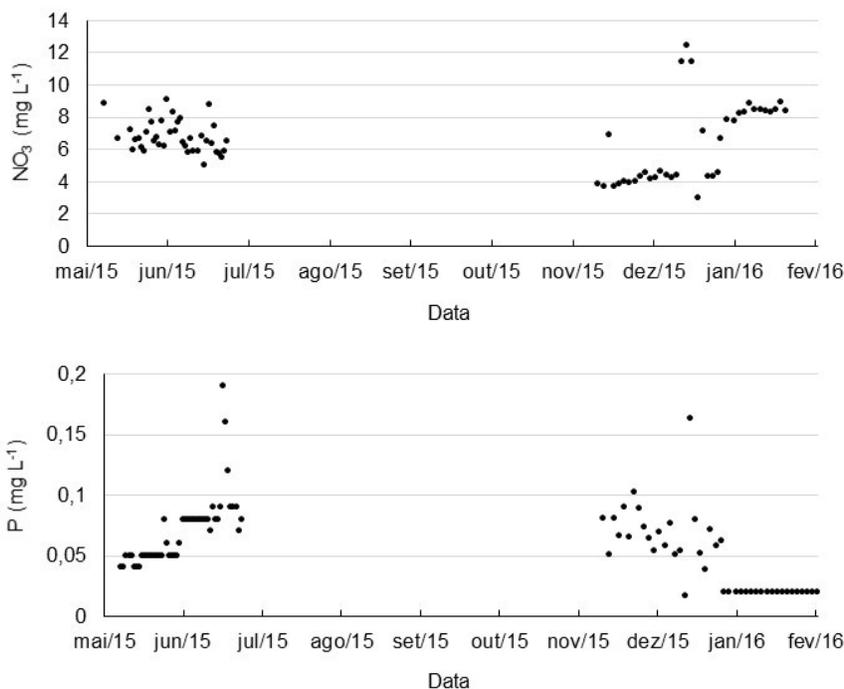
Figura 9 – Valores de pH e condutividade elétrica determinada na água de escoamento superficial colhida no Salto da Inglesa, bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, S. Miguel.

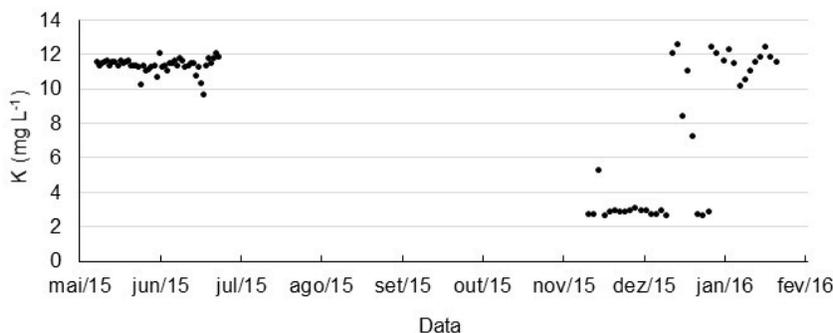




As concentrações de nitrato, fósforo solúvel e potássio analisados na água de escoamento superficial estão representadas na figura 10. A concentração de nitrato variou entre 2,95 e 12,41 mg L<sup>-1</sup>, com um valor médio de 6,56 mg L<sup>-1</sup>, correspondendo a um valor médio anual lixiviado da sub-bacia do Salto da Inglesa de 8 868 kg. A concentração de fósforo solúvel variou entre 0,02 e 0,19 mg L<sup>-1</sup>, correspondendo a um valor médio anual de 87 kg lixiviados da sub-bacia do Salto da Inglesa. A concentração de potássio variou entre 2,6 e 12,5 mg L<sup>-1</sup>, correspondendo a um valor anual de 10 172 kg lixiviados da sub-bacia do Salto da Inglesa.

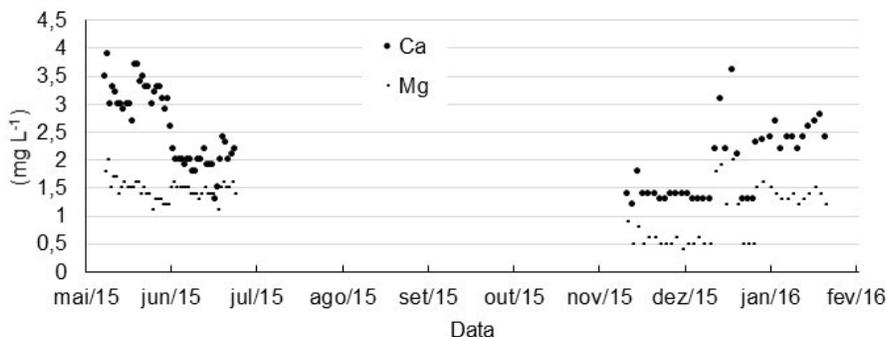
Figura 10 – Concentração de nitrato, fósforo e potássio determinada na água de escoamento superficial colhida no Salta da Inglesa, bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, S. Miguel.





As concentrações de cálcio e magnésio analisados na água de escoamento superficial estão representadas na figura 11. A concentração de cálcio variou entre 1,2 e 3,9 mg L<sup>-1</sup>, enquanto que o magnésio variou entre 0,4 e 2,0 mg L<sup>-1</sup>. As quantidades médias anuais lixiviadas da sub-bacia do Salto da Inglesa de cálcio e magnésio são de 2 502 kg e de 1 385 kg, respetivamente.

Figura 11 – Concentração de cálcio e magnésio determinada na água de escoamento superficial colhida no Salta da Inglesa, bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, S. Miguel.



Para o período após a abertura do canal de drenagem, o amostrador automático de recolha de amostras, foi programado para a recolha de uma amostra com 150 ml de 12 em 12 horas, correspondendo a uma amostra composta de 3 em 3 dias de 900 ml. Os parâmetros analisados foram, o fósforo total solúvel, o ortofosfato, os sólidos suspensos totais e o nitrato, com início a 1 de agosto de 2019 e final a 31 de agosto de 2020.

As análises na água do escoamento superficial para o fósforo total solúvel, ortofosfato, nitrato e sólidos suspensos totais, estão nas figuras 12, 13, 14 e 15 respetivamente e no quadro 1.

Figura 12 – Concentração de fósforo total solúvel determinada na água de escoamento superficial colhida no Salto da Inglesa, bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, S. Miguel.

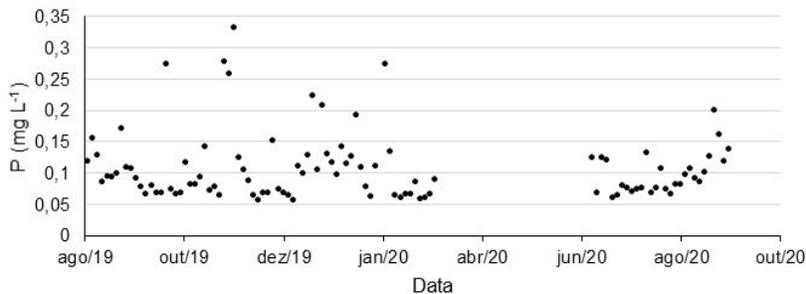


Figura 13 – Concentração de ortofosfato determinada na água de escoamento superficial colhida no Salto da Inglesa, bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, S. Miguel.

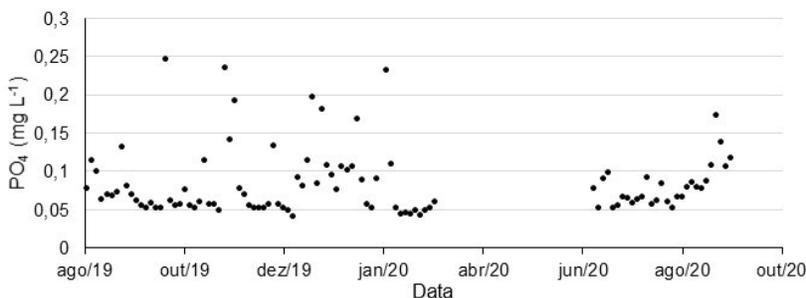


Figura 14 – Concentração de nitrato determinada na água de escoamento superficial colhida no Salto da Inglesa, bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, S. Miguel.

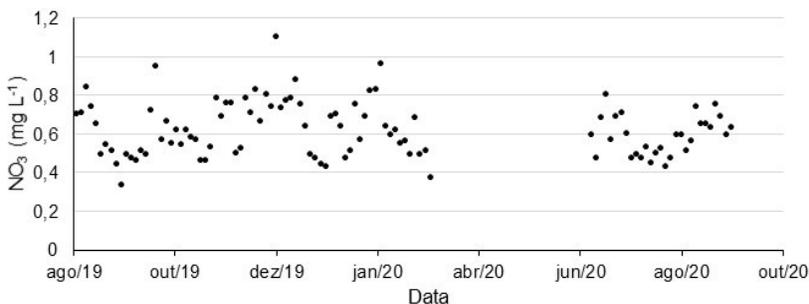
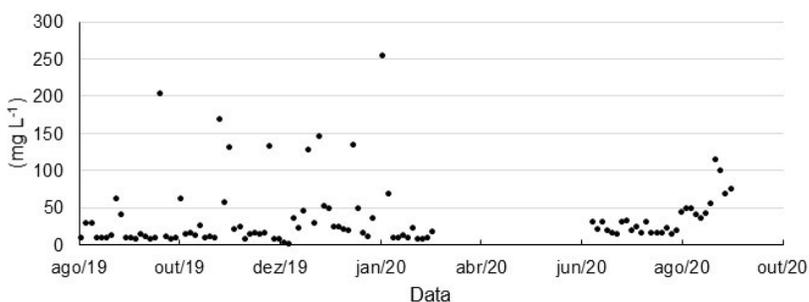


Figura 15 – Concentração de sólidos suspensos totais determinada na água de escoamento superficial colhida no Salto da Inglesa, bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, S. Miguel.



Quadro 1 – Concentração de fósforo total solúvel, ortofosfato, nitrato e sólidos suspensos totais analisados na água de escoamento superficial da linha de água junto ao Salto da Inglesa na bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas.

	Mínimo	Máximo	Média	Des. Padrão
Fósforo total solúvel (mg L <sup>-1</sup> )	0,055	0,331	0,107	0,053
Ortofosfato (mg L <sup>-1</sup> )	0,041	0,245	0,083	0,043
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	0,330	1,100	0,617	0,138
Sólidos Suspensos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	1,000	253,000	35,255	43,750

As médias anuais das quantidades lixiviadas da sub-bacia do salto da inglesa, foram de 68 kg de fósforo total solúvel (0,83 kg hm<sup>-2</sup>), 53 kg de ortofosfato (0,65 kg hm<sup>-2</sup>), 398 kg de nitrato (4,80 kg hm<sup>-2</sup>) e de 22,5 Mg de sólidos suspensos totais (274 kg hm<sup>-2</sup>).

A concentração média de fósforo solúvel determinada agora na água de escoamento superficial (0,107 mg L<sup>-1</sup>) é maior do que a encontrada para o período de maio a junho de 2015 e novembro de 2015 a março de 2016 com 0,06 mg L<sup>-1</sup>. No entanto a concentração média de nitrato determinada agora na água de escoamento superficial (0,619 mg L<sup>-1</sup>) é menor do que a encontrada para o período de maio a junho de 2015 e novembro de 2015 a março de 2016 com 6,56 mg L<sup>-1</sup>.

O transporte de sólidos suspensos totais da sub-bacia do Salto da Inglesa, média anual após a abertura do canal de drenagem, foi de 22,5 Mg (275 kg hm<sup>-2</sup>).

#### 4 CONCLUSÕES

A quantidade de nutrientes que chega à massa de água de uma lagoa e, neste caso de estudo à Lagoa das Furnas está dependente das características específicas de cada um dos eventos pluviométricos, nomeadamente a quantidade e duração, geradores de escoamento superficial.

O aumento do coeficiente de escoamento após a abertura do canal de drenagem, com o desvio de parte da área drenada de solos ainda com pastagem permanente e pastoreio direto, pode ser justificado pelo aumento da percentagem de solos saturados dentro da nova configuração da bacia, onde a capacidade de infiltração se encontra limitada ou pelo controlo das comportas no canal de drenagem. No entanto a quantidade de escoamento gerado na sub-bacia do Salto da Inglesa que entrou na Lagoa teve uma redução de 42% referente à área da sub-bacia antes da abertura do canal de drenagem.

A concentração média de nitrato determinada na água de escoamento superficial depois da abertura do canal de drenagem (0,62 mg L<sup>-1</sup>) é muito menor do que a encontrada para o período de maio de 2015 a março de 2016 com 6,56 mg L<sup>-1</sup>. Se do restante conjunto de resultados analíticos considerarmos apenas o fósforo solúvel, por ser o parâmetro de maior importância para os objetivos deste estudo, verificamos que há uma grande

variabilidade temporal da concentração nas amostras determinadas. No entanto, se tivermos em conta a variabilidade a que estão sujeitas este tipo de amostragens, no tempo e no espaço, do manejo do solo e dos eventos de precipitação e escoamento, somos levados a admitir que no período antes da abertura do canal de drenagem o valor exportado anual da sub-bacia do Salto da Inglesa foi de 87 kg de fósforo e depois do período da abertura do canal de drenagem foi de 68 kg de fósforo, ainda que em termos de concentração média houve um aumento (de 0,06 mg L<sup>-1</sup> para 0,107 mg L<sup>-1</sup>).

Os materiais vítricos de textura grosseira que fazem parte destes solos (Pinheiro *et al.*, 2016), associados a baixos valores de matéria orgânica, são vulneráveis aos fenómenos de erosão que nalgumas áreas de pastagem assumem alguma gravidade devido ao pisoteio. Os valores do transporte dos sólidos suspensos totais da sub-bacia do Salto da Inglesa, determinados neste estudo, depois da abertura do canal de drenagem de 22,5 Mg (275 kg hm<sup>-2</sup>), estão de acordo com estudos feitos por Fontes (2012) em solos vulcânicos dos Açores com uso e manejo semelhantes.

## REFERÊNCIAS

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998) - **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome.

Bettencourt, M.L. (1977) - **O clima dos Açores como recurso natural na aplicação especialmente em agricultura e indústria do turismo**. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. Lisboa.

Fontes, J. C. (1999) - **Comportamento hidrológico dos solos agrícolas da Terceira: Avaliação e simulação com o modelo OPUS**. Dissertação de Doutoramento, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.

Fontes, J.C. (2012) **Plano de ordenamento das bacias hidrográficas das Lagoas do Fogo, do Congro, de S. Brás e da Serra Devassa na Ilha de S. Miguel**. Direção Regional de Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos – Secretaria Regional do Ambiente e do Mar da Região Autónoma dos Açores.

Fontes, J.C.; Dias, E.; Mendes C.; Pereira, L.S. & Santamarta, J.C. (2014) - Dinámica del fósforo en brezales de suelos volcánicos. In: Santamarta Cerezal, J.C. et al. (ed). **Investigación, gestión y técnica forestal, en la región de la Macaronesia**. Madrid: Colegio de Ingenieros de Montes: 61-74. ISBN: 978-84-617-3391-0.

Kovar, J.L and Pierzynski, G.M. (2009) **Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters** Revised Edition.

Pinheiro, J. F.; Fontes, J. C.; Madruga, J. S.; Sampaio, J. F.; Matos, M. L. (2016) **Caraterização e monitorização ambiental dos solos da bacia hidrográfica da lagoa das Furnas – Ilha de S. Miguel**. Relatório final. Secretaria Regional dos Recursos Naturais – Direção Regional do Ambiente.

Santamarta, J.C. (2014a) **Hidrología de las islas volcánicas: singularidades y contribución de la ingeniería forestal**. Revista Montes (116), 26-31.

Santamarta, J.C., Lario-Bascones, Rafael J., Rodríguez-Martin, Jesica, Hernández-Gutiérrez, Luis E., Poncela, R. (2014b) **Introduction to Hydrology of Volcanic Islands**, IERI Procedia, Volume 9, Pages 135-140, ISSN 2212-6678, <https://doi.org/10.1016/j.ieri.2014.09.053>.

Santamarta, J.C. et al. (2013) **Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos**. Madrid: Colegio de Ingenieros de Montes. ISBN: 978 -84 -616 -3858 -1.

# CAPÍTULO 13

## IDENTIFICATION AND INHERITANCE OF THE FIRST GENE (Rdc1) OF RESISTANCE TO SOYBEAN STEM CANKER (*Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*)<sup>1</sup>

Data de submissão: 30/09/2021

Data de aceite: 13/10/2021

**Facundo Ezequiel Hernández**

IICAR

(Instituto de Investigaciones en Ciencias  
Agrarias de Rosario, CONICET-UNR)  
FCA (Facultad de Ciencias Agrarias, UNR)  
Campo Experimental J. Villarino, CC N° 14  
(S2125ZAA)  
Zavalla-Santa Fe-Argentina  
<https://orcid.org/0000-0003-3096-0603>

**Alejandra María Peruzzo**

IICAR

(Instituto de Investigaciones en Ciencias  
Agrarias de Rosario, CONICET-UNR)  
FCA (Facultad de Ciencias Agrarias, UNR)  
Campo Experimental J. Villarino, CC N° 14  
(S2125ZAA)  
Zavalla-Santa Fe-Argentina  
<https://orcid.org/0000-0002-9342-5360>

**Leonardo Daniel Ploper**

CONICET-EEAOC

(Estación Experimental Agroindustrial  
Obispo Colombres)  
ITANOA  
(Instituto de Tecnología Agroindustrial del  
Noroeste Argentino)  
Av. William Cross 3150, (T4101XAC)  
Las Talitas-San Miguel de Tucumán-Argentina  
<https://orcid.org/0000-0001-9032-4479>

**Rosanna Nora Pioli**

IICAR

(Instituto de Investigaciones en Ciencias  
Agrarias de Rosario, CONICET-UNR)  
FCA (Facultad de Ciencias Agrarias, UNR)  
Campo Experimental J. Villarino, CC N° 14  
(S2125ZAA)  
Zavalla-Santa Fe-Argentina  
<https://orcid.org/0000-0003-4968-1890>

**Guillermo Raúl Pratta**

IICAR

(Instituto de Investigaciones en Ciencias  
Agrarias de Rosario, CONICET-UNR)  
FCA (Facultad de Ciencias Agrarias, UNR)  
Campo Experimental J. Villarino, CC N° 14  
(S2125ZAA)  
Zavalla-Santa Fe-Argentina  
<https://orcid.org/0000-0002-3682-0946>

<sup>1</sup> Acknowledgements: The authors thank Bibiana Ferrari and Carlos Gosparini. The Project received funding from the Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (IICAR, CONICET-UNR), Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Rosario, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Bolsa de Comercio de Rosario; Grupo Don Mario Seeds.

**ABSTRACT:** Two varieties of the fungus *Diaporthe phaseolorum*: var. *meridionalis* (*Dpm*) and var. *caulivora* (*Dpc*) cause soybean

stem canker (SSC). The objective of this study was to identify and characterize the mode of inheritance of *Rdc* genes through a classical Mendelian analysis. Resistant (R) and susceptible (S) genotypes were used to make 288 RxS and 132 RxR crosses, including their reciprocals. Segregating  $F_2$  generations were obtained by self-fertilization of the respective  $F_1$ . The incorporation of codominant molecular markers (Single Nucleotide Polymorphism, SNP) allowed the molecular validation of 48.75% of  $F_1$  heterozygous individuals. Parents (R and S),  $F_1$  individuals, and  $F_{2,3}$  families (Progeny Test, PT) from COD 1-258-2 population were inoculated with an isolate of *Dpc* (*Dpc16*), previously identified morphologically and molecularly. The assay showed 21  $F_{2,3}$  families categorized as R, 42 segregated R and S, and 11 as S. Particularly, this  $F_3$  population showed 466 individuals R and 274 S. The chi-square goodness of fit test verified that phenotypic segregation for individual plants in  $F_3$  adjusted to a 5:3 ratio (R:S) and the PT results corresponded to the genotypic ratios (1RR: 2Rr: 1rr) of  $F_2$  individuals. Results allowed the identification of a major resistance gene of simple Mendelian inheritance to SSC that was named *Rdc1*. Also, independent segregation 9:3:3:1 was verified between this *Rdc1* gene and the gene that regulates flower colour, a typical phenotypic marker in soybean. Based on literature review, this is the first report on resistance genes (*Rdc*) identified for SSC caused by *Dpc*.

**KEYWORDS:** Soybean stem canker. *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*.  $F_1$  validation by SNP. Progeny test. Inheritance of *Rdc1*.

## IDENTIFICAÇÃO E HERANÇA DO PRIMEIRO GENE (*Rdc1*) DE RESISTÊNCIA AO CÂNCRO DA HASTE DA SOJA (*Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*)

**RESUMO:** O cancro da haste da soja (CHS) é causado por duas variedades do fungo *Diaporthe phaseolorum*: var. *meridionalis* (*Dpm*) e var. *caulivora* (*Dpc*). O objetivo foi identificar e caracterizar o modo de herança dos genes *Rdc* por meio de uma análise Mendeliana clássica. Genótipos resistentes (R) e suscetíveis (S) foram usados para fazer 288 cruzamentos RxS e 132 RxR, incluindo seus recíprocos. As gerações  $F_2$  segregadas foram obtidas por autofecundação do respectivo  $F_1$ . A incorporação de marcadores moleculares codominantes (Single Nucleotide Polymorphism, SNP) permitiu a validação molecular de 48,75% dos indivíduos heterozigotos  $F_1$ . Pais (R e S), indivíduos  $F_1$  e famílias  $F_{2,3}$  (Teste de Progenie, TP) da população COD 1-258-2 foram inoculados com um isolado de *Dpc* (*Dpc16*), previamente identificado morfologicamente e molecularmente. O ensaio mostrou 21 famílias  $F_{2,3}$  categorizadas como R, 42 segregadas R e S e 11 como S. Particularmente, esta população  $F_3$  mostrou 466 indivíduos R e 274 S. O teste de qualidade de ajuste do qui-quadrado verificou que a segregação fenotípica para o indivíduo plantas em  $F_3$  ajustadas a uma proporção de 5:3 (R:S) e os resultados de TP corresponderam às razões genotípicas (1RR: 2Rr: 1rr) de indivíduos  $F_2$ . Os resultados permitiram a identificação de um importante gene de resistência de herança simples de Mendel ao CHS, denominado *Rdc1*. Além disso, foi verificada segregação 9:3:3:1 independente entre este gene *Rdc1* e o gene que regula a cor das flores, um marcador fenotípico típico da soja. Com base na revisão da literatura, este é o primeiro relato sobre genes de resistência (*Rdc*) identificados para CHS causada por *Dpc*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cancro da haste da soja. *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*. Validação  $F_1$  por SNP. Teste de progenie. Herança de *Rdc1*.

## 1 INTRODUCTION

Soybean stem canker (SSC) is caused by two varieties of the fungus *Diaporthe phaseolorum*: var. *meridionalis* (*Dpm*) and var. *caulivora* (*Dpc*). (Fernández & Hanlin, 1996; Pioli et al., 2001). In soybean (*Glycine max*), breeding for disease resistance has contributed to effective management of many important diseases. Four dominant resistance genes of Mendelian inheritance against soybean stem canker (SSC) were identified in the 1980s and 1990s; *Rdc1* and *Rdc2* genes in Tracy M cultivar (cv); *Rdc3* in Crockett cv. and *Rdc4* in the genetic background of both Dowling and Hutcheson cvs. (Kilen & Hartwig, 1987; Bowers et al., 1993; Tyler, 1996). Simultaneously, the use of forma *specialis* (Morgan-Jones, 1989) or variety (Fernández & Hanlin, 1996) was proposed to resolve the taxonomic controversy between the northern (*Dpc*) and southern stem canker (*Dpm*) in the United States of America (USA). The four *Rdc* genes described for SSC in Tracy M, Crockett, Dowling and Hutcheson were renamed as *Rdm* because the corresponding pathogenicity tests and inheritance analysis had been made with *Dpm* isolates (Pioli et al., 2003). Later, Chiesa et al. (2009) identified a new gene, the *Rdm5*, linked to *Rdm4* in Hutcheson cv., located at the *Rdm4-5* locus. Also, *Rdm* (*Rdm1-5*) genes were not effective against SSC caused by *Dpc* (Pioli et al., 2003). Furthermore, the selection pressure given by the incorporation of *Rdm* genes for resistance to SSC caused by *Dpm* in the soybean producing area, promoted the expansion of the SSC disease caused by *Dpc* in Argentina (Pioli et al., 2002; Grijalba & Guillin, 2007; Benavidez et al., 2010). Consequently, the SSC by *Dpc* gradually became one of the most important soybean diseases, because *Rdc* resistance genes had not been identified in the soybean germplasm and hence were not available for breeding programs.

The objective of the current study was to identify and characterize the inheritance of *Rdc* genes for resistance to SSC-*Dpc* through classical Mendelian analysis with assistance of specific molecular makers.

## 2 MATERIALS AND METHODS

To achieve this objective, twenty-four soybean genotypes that expressed a differential reaction of resistance (R) or susceptibility (S) were selected as parents in different crosses from 137 soybean genotypes and 405 interactions (Pioli et al., 2003; Benavidez et al., 2010). Parental genotypes were grown in a greenhouse during September to April 2013/14 and 2014/15, in Campo Experimental Villarino (Zavalla province, 33°01'00"S 60°53'00"W). Crosses were performed among discrepant genotypes with respect to their resistance/susceptibility reaction to SSC by *Dpc*. Several phenotypic makers (form and size of leaf; pod, flower and pubescence color and tegument brightness) were observed

and registered during the development of parent genotypes and respective  $F_1$  individuals and segregating  $F_2$  generations.

Two hundred eighty-eight (288) combinations from RxS parents (including reciprocal crosses, SxR) and 132 from RxR parents and their reciprocal, were performed. Hybrid seeds obtained from 79 fertile and effective combinations (60 RxS and 19 RxR), were sown in a greenhouse during September to April 2015/16 in Campo Experimental Villarino. When  $F_1$  individuals from both cross types (RxS and RxR) expanded their second trifoliolate leaf, eight discs of healthy leaf tissue were taken from each  $F_1$  plant lyophilized and stored at  $-80\text{ }^\circ\text{C}$  until molecular characterization. Co-dominant molecular markers (Single Nucleotide Polymorphism, SNP) were used to validate the heterozygous identity (Yoon et al., 2007). Seeds  $F_2$  (from the cross COD 1-258-2): Ge(13) resistant x Ge(4) susceptible) were planted in a greenhouse during September to April 2016/17 in Campo Experimental Villarino, to advance the segregating populations.  $F_{2,3}$  families, which included 10  $F_3$  individuals derived from the same  $F_2$  plant, were sown in a greenhouse during 2017 in Campo Experimental Villarino and developed for phenotypic evaluation.

The genotype of each  $F_2$  individual was inferred by the phenotypic characterization (pathogenic reaction) of early  $F_3$  segregating generations and their respective  $F_{2,3}$  families (Progeny Test, PT) (Allard, 1956). Parents (R and S), five  $F_1$  individuals and families  $F_{2,3}$  were inoculated with an isolate of *Dpc16* (Esperanza, Santa Fe, Argentina), previously selected from inoculation trials (Pioli et al., 2003), whose identity was molecularly revalidated by Hernández et al. (2015). At the fully expanded trifoliolate leaf stage, seedling hypocotyls were wounded by cutting a thin portion of the external cellular layer of the stem with a sterile scalpel. The cut was made parallel to the hypocotyl axis, from top to bottom, and the bottom part of the sliced portion remained attached to the stem. A portion of approximately  $1.5 \times 1.5$  mm of mycelium was inserted into the wound and immediately covered with Vaseline® to avoid dehydration. All inoculations were conducted with the same technique. Seedlings were kept in high relative humidity (90–100%) during the first 72 h after inoculation by covering them with a transparent polyethylene tent. Moreover, plants without fungal mycelium were included as experimental control. Each plant was evaluated as (0, 0.3, 0.6, 1) according to a severity scale (Pioli et al., 2003) adapted by Chiesa et al. (2009). This inoculation technique allowed clear differentiations between resistant from susceptible parents in several studies (Benavidez et al., 2010; Chiesa et al., 2009) and was less aggressive than the toothpick technique, according to other reports (Scandiani et al., 2011; Campbell et al., 2017).

SSC progress was registered from 7 to 56 days post inoculation (dpi) every 7 days. An individual was considered as resistant (R) when at 56 dpi, it showed no symptoms or

0.3 level in the severity diagrammatic scale. Plants with 0.6 to 1 values of severity were considered susceptible (S). Phenotypic characterization analysis of  $F_3$  individuals and  $F_{2,3}$  families were based on the same criteria. Data were analyzed through the non-parametric test of Chi-Square ( $\chi^2$ ) to estimate goodness of fit to hypothesized ratios according to Bowers et al. (1993) and Tyler (1996). Thus, genotypic frequency of  $F_2$  was also validated by the phenotypic response of  $F_2$  individuals, when they were inoculated with the same *Dpc16* isolate. Also, independent inheritance between the new gene that confers resistance to SSC by *Dpc*, identified in this research, and the known morphological marker *flower color* (**W1** purple dominant / **w1** white recessive) was tested.

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

From different SxR and RxR and reciprocal combinations, 875 crosses were obtained (Table 1). Effective crosses were verified by the morphologic and structural markers used as control during and after emasculation process, according to Johnson & Bernard (1962). Moreover, those effective pods that completed their development and produced  $F_1$  seeds were considered fertile. From a total of 875 hybridizations (RxS and RxR), 312 (35.66%) were effective and fertile crosses (Table 1).

Table 1. Number of crosses (RxS, RxR and reciprocals) performed in 2013/14 and 2014/15, and proportion of effective and fertile crosses according to morphologic and structural controls.

	RxS		RxR		TOTAL
	Effective crosses proportion	Effective reciprocals	Effective crosses proportion	Effective reciprocals	
Cycle 2013/14	43/105	54/147	-	-	97/252
Cycle 2014/15	56/124	64/131	62/229	33/139	215/623
TOTAL	99/229	118/278	62/229	33/139	312/875

When both cycles were considered (2013/14 and 2014/15), 38.49 (97/252) and 47.06% (120/255) of the RxS crosses were effective and produced  $F_1$  seeds, respectively. Otherwise, from the comparison within the same reproductive cycle (2014/15), only 25.82% (95/368) of RxR crosses were effective and produced  $F_1$  seeds (Table 1). Even though the hybridizations derived from RxS crosses were more effective and fertile than RxR ( $\chi^2 = 10.83$ ;  $p < 0.001$ ), the mean number of seeds per pod registered in both type of crosses (RxS and RxR) was one to three seeds (Peruzzo et al., 2017).

Incorporation of codominant molecular markers (Single Nucleotide Polymorphism, SNP) allowed detection of polymorphisms between differential parents and validation by molecular techniques the  $F_1$  heterozygous individuals. Among the 160 SNP molecular markers analyzed in this study, 142 (88.75%) were registered as polymorphic for each parent

couple hybridized. Molecular characterization allowed validation as heterozygous 78 F<sub>1</sub> plants, representing 48.75% from a total of 160 F<sub>1</sub> plants tested. The analysis of COD-258 crossing (Ge(13)xGe(4)) showed that G(13) parent registered 37.67% of polymorphisms respect to G(4). Besides G(4) for being a stabilized genotype did not present loci in residual heterozygosity; whilst, G(13) registered 4 loci in residual heterozygosity because it is an experimental line with a lower degree of inbreeding (Pierce, 2010). Some F<sub>1</sub> obtained from crosses with heterozygosity lower than expected, showed duplication events of the allele of one of its parents (maternal or paternal), which could be explained by gene conversion in heterozygous genotypes (Otha, 2010).

Phenotypic reaction of the parents to SSC by *Dpc*, evaluated during 56 dpi, showed that Ge(13)-R and Ge(4)-S registered the following proportions: 90% healthy resistant plants (H/RP): 10 % dead susceptible plants (D/SP); and 20% H/RP: 80% D/SP, respectively. Meanwhile, the inoculated heterozygous F<sub>1</sub> and control plants showed no symptoms of SSC-*Dpc*. The Progeny Test from the COD 1-258-2 population showed: 21 F<sub>2,3</sub> families categorized as R; 42 families R / S categorized as segregating F<sub>2,3</sub>; and 11 F<sub>2,3</sub> families categorized as S (Table 2). The  $\chi^2$  value indicates the existence of at least one resistance *Rdc* gene in the soybean germplasm evaluated. Phenotypic segregation of the complete F<sub>3</sub> generation, from the same COD 1-258-2 population, was also analyzed and showed 466 H/RP (resistant) and 274 D/SP (susceptible). This population adjusted accurately to the phenotypic segregation 5 H/RP:3 D/SP expected for the inheritance of one gene with complete dominance in the F<sub>3</sub> generation (Table 2). In addition, phenotypic characterization of all genotypes derived from the Ge(13) x Ge(4) cross against SSC-*Dpc* (parents, F<sub>1</sub> individuals, complete F<sub>3</sub> and F<sub>2,3</sub>), and the severity values of SSC registered on a F<sub>2</sub> population (from the same cross) inoculated in the same conditions, confirmed that there was at least one resistance *Rdc* gene in the soybean germplasm evaluated (Table 2).

Table 2. Phenotypic reaction and genotypic characterization of F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>2,3</sub> and F<sub>3</sub> segregating populations obtained from the cross between Ge(13) resistant and Ge(4) susceptible soybean genotypes (COD 1-258-2), in the specific interaction with a *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* isolate (*Dpc*16). Reaction to SSC-*Dpc* was measured at 56 days post-inoculation.

Parents and progenies	Number of individuals or families inoculated	Hypothesis	Expected	Disease reaction (number of observed plants or families)			$\chi^2$ L <sup>g</sup>	$\rho^j$
				R <sup>i</sup>	Seg	S		
Ge(13)	10 <sup>a</sup>							
Ge(4)	10 <sup>a</sup>							
F <sub>2</sub> COD 258-2	32 <sup>a</sup>	3:1 <sup>c</sup>	24:8	26		6	0.67ns <sup>h</sup>	0.41

Parents and progenies	Number of individuals or families inoculated	Hypothesis	Expected	Disease reaction (number of observed plants or families)			$\chi^2 L^g$	$p^i$
				R <sup>f</sup>	Seg	S		
F <sub>2,3</sub> COD 1-258-2	74 <sup>b</sup>	1:2:1 <sup>d</sup>	18.5:37:18.5	21	42	11	4.05 ns	0.13
F <sub>3</sub>	740 <sup>a</sup>	5:3 <sup>e</sup>	462.5:277.5	466		274	0.07 ns	0.79

<sup>a</sup>Number of plants.

<sup>b</sup>Number of families; ten inoculated plants per F<sub>2,3</sub> family.

<sup>c</sup>Phenotypic frequency in F<sub>2</sub> population.

<sup>d</sup>Genotypic frequency in F<sub>2</sub> population.

<sup>e</sup>Phenotypic frequency in F<sub>3</sub> population.

<sup>f</sup>R = resistant, Seg = segregating, S = susceptible.

<sup>g</sup>Chi-squared calculated based on the genotypic and phenotypic segregation.

<sup>h</sup>ns: no significant difference between observed and expected values ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>i</sup>Probability of find a value  $> \chi^2 L$ .

Only two characters regulated by major genes with Mendelian inheritance (R to SSC-*Dpc* and flower color) could distinguish both parents; Ge(13) is R to SSC-*Dpc* (*Rdc1* gene) and has white flowers (*w1* gene); meanwhile Ge(4) is S to SSC-*Dpc* (*rdc1* gene) and has purple flowers (*W1* gene). The joint analysis of the phenotypic marker (flower color) registered on 74 F<sub>2</sub> plants and the individual reaction to SSC-*Dpc* inferred for each these same F<sub>2</sub> plants through F<sub>2,3</sub> progenies, allowed established that the genes ***Rdc1/rdc1*** and ***W1/w1*** are independent and not located on the same chromosome 13, or they are located on the same chromosome 13 but at a distance equal or greater than 50 cM (Table 3).

Table 3. Analysis of segregation of flower color and resistance to SSC caused by *Dpc* characters in the F<sub>2</sub> population (COD 1-258-2, Ge(13) x Ge(4)).

F <sub>2</sub> Phenotype	Observed	Expected	(O - E)	(O - E) <sup>2</sup>	(O - E) <sup>2</sup> /E
RW1	48	41.6	6.375	40.641	0.9764
Rw1	15	13.9	1.125	1.266	0.0912
rW1	9	13.9	-4.875	23.766	1.7128
rw1	2	4.6	-2.625	6.891	1.4899
Total	74	74	0		$\chi^2_{obs} = 4.270$

Until now, the resistance genes to SSC-*Dpc* and consequently their inheritance mode had not been identified (Sun et al., 2012). Thus, the isolation of *Dpc* from different soybean producing agroecosystems and selection of differential genotypes made from a wide genetic variability source within the soybean germplasm (Pioli et al., 2003; Benavidez et al., 2010; Peruzzo et al., 2018) allowed to obtain the resistant and susceptible parents and one *Dpc* isolate to be included in this study. Thus, selection of 12 R and S parents was made based on 651 diverse soybean-*Dpc* interactions. A total of 420 (288

+ 132) combinations were made; which achieved a total of 875 crosses, although only 312 (35.66%) were fertile and effective according to morphologic and structural controls (Johnson & Bernard, 1962). Consequently, it is very important to point out the relevance of the early molecular characterization by SNP because it allowed us to recognize and to validate the heterozygous  $F_1$  individuals, which supported the accuracy of the results during the complete process of selection and development of the segregating populations, as it was reported specifically in soybean by Yoon et al. (2007). Even more molecular characterization allows inference of the number of genomic regions that are divergent between progenitors and hence, to estimate the possible genetic advance in the corresponding breeding program (Chang et al., 2016).

Finally, results obtained from specific and diverse interactions between *Dpc16* and soybean genotypes, demonstrated that Ge(13) and Ge(4) were, respectively, the most stable genotypes among the selected R and S parents. Thus, the COD 1-258-2 population, was selected to analyze the *Rdc* inheritance. The chi-square goodness of fit test verified that phenotypic segregation of the complete  $F_3$  population adjusted to a 5:3 ratio (healthy resistant plants: dead susceptible plants) and phenotypic characterization of  $F_{2,3}$  families (PT) allowed to infer the genotypic ratio (1RR: 2Rr: 1rr) in the previous  $F_2$  population. The results obtained by classic genetic improvement and molecular assistance contributed to detection and identification of a major resistance gene of simple Mendelian inheritance to SSC-*Dpc*, which was named *Rdc1*. Based on the updated bibliography revision, this is the first report on inheritance of *Rdc* resistance genes to SSC caused by *Dpc*.

## REFERENCES

- Allard, R. W. (1956). Fórmulas and tables to facilitate the calculation of recombination values in heredity. *Hilgardia*, 24, 235–278.
- Benavidez, R., Pioli, R. N., & Morandi, E. N. (2010). Response of the edamame edible soybean germplasm to *Diaporthe phaseolorum*, causal agents of soybean stem canker, in Argentina. *Tropical Plant Pathology*, 35(1), 1–11.
- Bowers, G., Ngeleka, K., & Smith, O. (1993). Inheritance of SSC resistance in Crockett and Dowling. *Crop Science*, 33, 67–70. <https://doi.org/10.2135/cropsci1993.0011183X003300010010x>
- Campbell, M. A., Li, Z., & Buck, J. W. (2017). Development of southern stem canker disease on soybean seedlings in the greenhouse using a modified toothpick inoculation assay. *Crop Protection*, 100, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.026>
- Chang, H. X., Lypka, A. E., Domier, L. L., & Hartman, G. L. (2016). Characterization of disease resistance loci in the USDA soybean germplasm collection using genome-wide associations. *Phytopathology*, 106, 1139–1151. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-16-0042-FI>
- Chiesa, M. A., Pioli, R. N., & Morandi, E. N. (2009). Specific resistance to soybean stem canker conferred by the *Rdm4* locus. *Plant Pathology*, 58(69), 1032–1039. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02145.x>

- Fernández, F. A., & Hanlin, R. T. (1996). Morphological and RAPD analysis of *Diaporthe phaseolorum* from soybean. *Mycologia*, 88, 425–440. <https://doi.org/10.1080/00275514.1996.12026670>
- Grijalba, P. E., & Guillín, E. (2007). Occurrence of soybean stem canker caused by *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* in the southern part of Buenos Aires province, Argentina. *Australasian Plant Disease Notes*, 2, 65–66. <https://doi.org/10.1071/DN07027>
- Hernández, F. E., Pioli, R. N., Peruzzo, A. M., Formento, A. N., & Pratta, G. R. (2015). Caracterización morfológica y molecular de una colección de aislamientos de *Phomopsis longicolla* (teleomorfo desconocido: *Diaporthales*) de la región templada y subtropical de Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 63(3), 871–888.
- Johnson, H. W., & Bernard, R. L. (1962). Soybean genetics and breeding. *Advances in Agronomy*, 14, 149–221. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60438-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60438-1)
- Kilen, T., & Hartwig, E. (1987). Identification of single genes controlling SSC resistance. *Crop Science*, 27, 220–222. <https://doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183X002700050005x>
- Morgan-Jones, G. (1989). The *Diaporthe/Phomopsis* complex: taxonomic considerations. In: A. J. Pascale (Ed.), *World Soybean Research Conference IV Proceedings* (pp. 1699–1706). Orientación Gráfica Editora.
- Ohta T. 2010. Gene conversion and evolution of gene families: an overview. *Genes*, 1: 349–356.
- Peruzzo, A. M., Hernández, F. E., Pratta, G. R., Ploper, L. D., & Pioli, R. N. (2017). First report on the identification and inheritance of an *Rdc* gene conferring resistance to soybean stem canker (*Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*). *IV Jornada Uruguaya de Fitopatología – II Jornada Uruguaya de Protección Vegetal, Uruguay*, 23, 43. Montevideo, Uruguay.
- Peruzzo, A. M., Hernández, F. E., Pratta, G. R., Ploper, L. D., & Pioli, R. N. (2018). *Polimorfismos de ADN en cruzamientos entre genotipos de soja portadores de resistencia Diaporthe phaseolorum var. caulivora a través de SNP: Vol. XXIX (2)*. Journal of Basic and Applied Genetics.
- Pierce B.A. 2010. Genética. Un enfoque conceptual. 5ta edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 915 páginas.
- Pioli, R. N., Morandi, E. N., & Bisaro, V. (2001). First report of soybean stem canker caused by *D. phaseolorum* var. *caulivora* in Argentina. *Plant Disease Note*, 85(1), 95. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.12.1403A>
- Pioli, R. N., Morandi, E. N., Luque, A., & Gosparini, C. O. (2002). Recent outbreak of soybean stem canker caused by *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* in the main soybean producing region of Argentina. *Plant Disease Note*, 86(12), 1403. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.12.1403A>
- Pioli, R. N., Morandi, E. N., Martínez, M. C., Lucca, F., Tozzini, A., Bisaro, V., & Hopp, H. E. (2003). Morphologic, molecular, and pathogenic characterization of *Diaporthe phaseolorum* variability in the core soybean-producing area of Argentina. *Phytopathology*, 93(2), 136–146. <https://doi.org/10.1094/PHTO.2003.93.2.136>
- Scandiani, M. M., Ruberti, D. S., Giorda, L. M., Pioli, R. N., Luque, A. G., Bottai, H., Ivancovich, J. J., Aoki, T., & O'Donnell, K. (2011). Comparison of inoculation methods for characterizing relative aggressiveness of two soybean sudden-death syndrome pathogen isolates (*Fusarium virguliforme* and *F. tucumaniae*). *Tropical Plant Pathology*, 36(3), 133–140. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762011000300001>

Sun, S., Van, K., Kim, M. Y., Min, K. H., Lee, Y., & Lee, S. (2012). *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*, a causal agent for both stem canker and seed decay on soybean. *Plant Pathology Journal*, 28(1), 55–59. <https://doi.org/10.5423/PPJ.NT.10.2011.0194>

Tyler, J. M. (1996). Characterization of stem canker resistance in "Hutcheson" soybean. *Crop Science*, 36, 591–593. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600030011x>

Yoon, M. S., Song, Q. J., Choi, I. Y., Specht, J. E., Hyten, D. L., & Cregan, P. B. (2007). BARCSoySNP23: a panel of 23 selected SNPs for soybean cultivar identification. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(5), 885–899. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0487-8>

# CAPÍTULO 14

## EFECTO DE LA APLICACIÓN DE YESO EN EL CULTIVO DE GIRASOL (*Helianthus annuus*) Y MAÍZ (*Zea mays*) EN UN SUELO OXISOL (*Rhodic Kandiudox*), YGUAZÚ, ALTO PARANA, PARAGUAY

Data de submissão: 07/09/2021

Data de aceite: 21/09/2021

**Kentaro Tomita**

Universidad Nacional de Pilar  
Facultad de Ciencias Agropecuaria &  
Desarrollo Rural y  
Voluntario Senior de JICA:  
Agencia de Cooperación Internacional  
del Japón  
ORCID: 0000-0001-9000-4758

**RESUMEN:** El yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) se utiliza como un material correctivo de acidez del suelo en Región de Amazonas, Cerrado y otros lugares del Brasil. Especialmente, se puede esperar la lixiviación del Ca y/o Mg en la profundidad del suelo por tipo de sulfato, dependiendo por el efecto de la lluvia en la estación lluviosa del año, y mejorar la característica química de la profundidad y aumentar la productividad de los cultivos tales como maíz, girasol, soja, etc. A diferencia del ambiente climático de la región tropical del Brasil, aún no se conocía la dinámica del efecto de la lixiviación con algunos cultivos en el Departamento de Alto Paraná, Paraguay (una zona de sub-tropical). En el experimento, se lo evaluó con diferentes dosis (0, 250, 500, 1000, 1500, 2000 y 2500kg/ha) en los cultivos del Girasol como cultivo inmediato y luego el

cultivo de Maíz como cultivo sucesor en la finca experimental de la Fundación Nikkei-CETAPAR (Centro Tecnológico Agropecuario del Paraguay) para observar los efectos residuales como resultados básicos de este estudio. De los resultados obtenidos, la aplicación económica del yeso fue de 500kg/ha para el cultivo de Girasol como cultivo inmediato con 4501.5kg/ha como rendimiento de la semilla, y se observó la diferencia significativa al 1% en cada tratamiento del yeso. Para el cultivo de Maíz, se desapareció efecto de los niveles del yeso aplicado anterior. Pero se observó la diferencia significativa al 5% sobre la prueba de rango múltiple de Duncan y fue de 9440.3kg/ha con 500kg/ha del yeso. A continuación, sobre la dinámica de nutrientes de la superficie a 80cm de la profundidad del suelo, de acuerdo con número de muestreo del suelo (después de la cosecha del girasol: segundo muestreo y para la cosecha del maíz: el tercero, respectivamente), se disminuyó los resultados de Ca, Mg y otros. **PALABRAS CLAVES:** Girasol. Maíz. Oxisol.Paraguay. Yeso.

EFFECT OF GYPSUM APPLICATION ON THE SUNFLOWER (*Helianthus annuus*) AND CORN (*Zea mays*) ON AN OXISOL SOIL (*Rhodic Kandiudox*), YGUAZU, ALTO PARANA, PARAGUAY

**ABSTRACT:** Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) is used as a corrective material for soil acidity in the Amazon Region, Cerrado and other places in Brazil. Especially, the leaching of Ca and/or Mg

in the soil depth by type of sulphate can be expected, depending on the effect of rain in the rainy season of the year, and improve the chemical characteristic of the depth and increase the productivity of crops such as corn, sunflower, soybean...etc. At the different case of the climatic environment of the tropical region of Brazil, it has not known the dynamics of the effect of leaching with some crops on the Department of Alto Parana, Paraguay (zone of sub-tropical) yet. On the experiment, it was evaluated with different levels (0, 250, 500, 1000, 1500, 2000 and 2500kg/ha) in the Sunflower crops as an immediate crop and then the corn crop as a successor crop on the experimental field of the Nikkei-CETAPAR Foundation (Agricultural Technology Center of Paraguay) in order to observe the residual effects as basic results of this study. From the obtained results, it was 500kg/ha for the economic application of the gypsum on the Sunflower culture as immediate crop with 4501.5kg/ha as seeds yield, and it was observed the significant difference at 1% in each treatment of the gypsum. For the corn culture, it was disappeared the effect of anterior applied gypsum. But it was observed the significant difference at 5% on the Duncan multiple range test and it was 9440.3kg/ha with 500kg/ha of the gypsum. Then, it was decreased for exchangeable Ca, Mg and others from surface to 80cm of the depth in accordance with the soils sampling number (After the sunflower harvest: second sampling, for the corn harvest: the third, respectively).

**KEYWORDS:** Corn. Gypsum. Oxisol. Paraguay. Sunflower.

#### EFEITO DA ADUBAÇÃO DE GESSO NA CULTURA DE GIRASSOL (*Helianthus annuus*) E MILHO (*Zea mays*) EM UM OXISSOLO (*Rhodic Kandiudox*), YGUAZÚ, ALTO PARANÁ, PARAGUAI

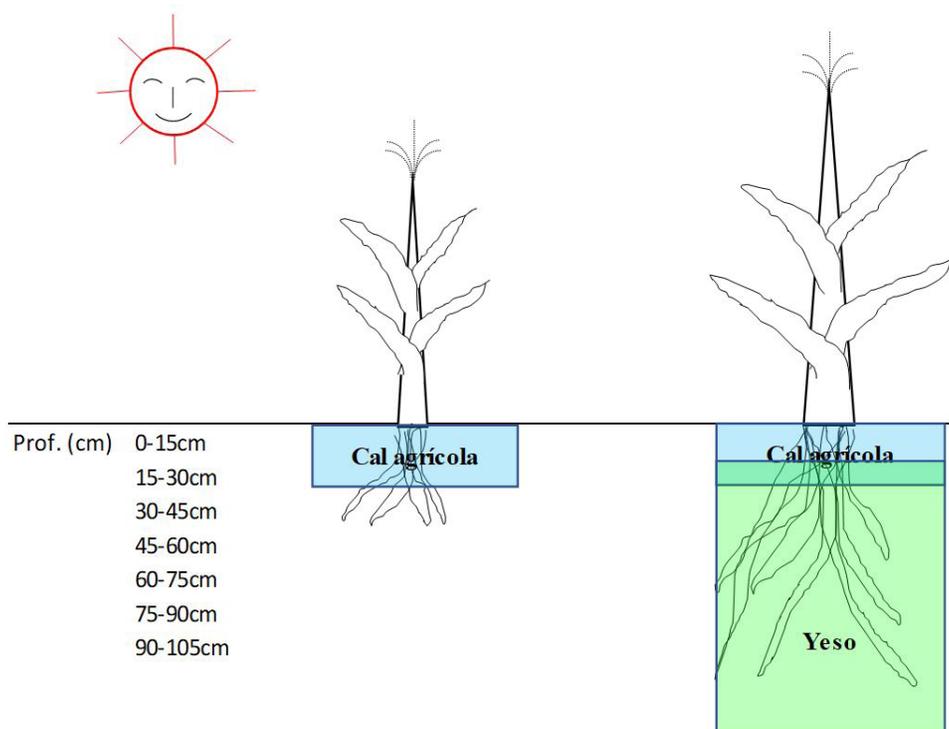
**RESUMO:** O gesso é ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é usado como material corretivo para a acidez do solo na Região Amazônica, Cerrado e outros lugares no Brasil. Em especial, pode-se esperar a lixiviação de Ca e/ou Mg na profundidade do solo por tipo de sulfato, em função do efeito da chuva no período chuvoso do ano, e melhorar as características químicas da profundidade e aumentar a produtividade das culturas como milho, girassol, soja, etc. A diferença do ambiente climático da região tropical do Brasil ainda não era conhecida a dinâmica do efeito da lixiviação com algumas culturas no Departamento de Alto Paraná, Paraguai (uma zona de sub-tropical). No experimento, avaliou-se com diferentes doses (0, 250, 500, 1000, 1500, 2000 e 2500kg/ha) a cultura do Girassol como cultura imediata e a seguir a cultura do Milho como cultura sucessora na fazenda experimental do Fundación Nikkei-CETAPAR (Centro Tecnológico Agropecuario do Paraguai) para observar os efeitos residuais como resultados básicos deste estudo. A Partir os resultados obtidos, a aplicação econômica do gesso foi de 500kg/ha para a cultura de Girassol como cultura imediata com 4501,5kg/ha como rendimento da semente, e observou-se a diferença significativa a 1% em cada tratamento do gesso. Na cultura de milho, desapareceram os efeitos dos níveis do gesso aplicado anteriormente. Porém, observou-se a diferença significativa em 5% no teste de alcance múltiplo de Duncan e foi de 9440.3kg/ha com 500kg/ha do gesso. A seguir, sobre a dinâmica dos nutrientes da superfície a 80cm da profundidade do solo, de acordo com o número de amostragem do solo (após a colheita do girassol: segunda amostragem e para a colheita do milho: a terceira, respectivamente), diminuíram os resultados dos intercambiáveis Ca, Mg y outros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gesso. Girassol. Milho. Oxissolo. Paraguai.

## 1 INTRODUCCIÓN

En vez de la cal agrícola ( $\text{CaCO}_3$ ) y/o dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), se aplica el yeso (Sulfato de Calcio:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) como enmienda química del suelo. En la región amazónica del Brasil, se lo realizó para mejorar la característica química en todos los horizontes del suelo, teniendo en cuenta estar fácil de lixiviar (ver la Figura N°1) <sup>3), 4), 5), 7), 8)</sup>.

Figura N°1. Modelo de la comparación entre cal agrícola y yeso como enmienda química del suelo.



En el Departamento de Alto Paraná, Paraguay, se lo utiliza para mejorar la característica química del suelo y como fuente de azufre. A diferencia del ambiente climático de la región tropical del Brasil <sup>4), 5), 7), 8)</sup>, aún no se conocía la dinámica del efecto de la lixiviación con algunos cultivos en una zona (sub-tropical).

En el experimento, se lo evaluó con diferentes dosis en los cultivos del Girasol como cultivo inmediato y luego el cultivo de Maíz como cultivo sucesor en la finca experimental de la Fundación Nikkei-CETAPAR para observar los efectos residuales como resultados básicos de este estudio.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 SITUACIÓN DE YGUAZÚ

El estudio fue instalado en el predio de la Fundación Nikkei-CETAPAR (Centro Tecnológico Agropecuario del Paraguay), situada en el km 286 de la ruta nº 7, en el distrito de Yguazú del Alto Paraná. La temperatura media anual es de 21 °C; la máxima llega a 38 °C y la mínima a 0 °C. La precipitación máxima anual es de 1700mm según el promedio de registros de los últimos 17 años del CETAPAR <sup>1</sup>.

La población del distrito de Yguazú está compuesta por paraguayos, brasileños, japoneses, alemanes, suizos y franceses, los que conservan sus idiomas y tradiciones. Está habitada en gran proporción por los colonos japoneses, quienes cultivan como rubro principal la soja, el trigo, el maíz, el girasol y nueces de macadamia. Están agrupados en la progresista Cooperativa Yguazú Agr. Ltda. Las principales actividades económicas son la agricultura, la ganadería y el comercio <sup>2</sup>.

### 2.2 DIFERENTES NIVELES DEL YESO Y LAS VARIEDADES UTILIZADAS PARA LAS PLANTAS

Se realizó el experimento en la parcela experimental del CETAPAR, y se clasifica como Oxisol (Rhodic Kandiodox, Relieve: 0-3% y buena nula), ubicada entre las coordenadas 21 J 697255E 7182252S, con elevación 290msnm <sup>1, 2</sup>. Se evaluaron los 7 niveles del yeso (0, 250, 500, 1000, 1500, 2000 y 2500kg/ha en los cultivos del Girasol (El híbrido utilizado es el MG-60 CL) y del Maíz (El híbrido utilizado DK-910).

### 2.3 ÁREA EXPERIMENTAL Y FERTILIZACIÓN

El área experimental total fue de 189.0m<sup>2</sup> (12.6m × 15m), con siete niveles de yeso y tres repeticiones. El área de cada repetición fue de 63.0m<sup>2</sup> (12.6m × 5m), y cada nivel del yeso fue de 9m<sup>2</sup> (1.80m × 5m). El área útil en cada nivel de yeso fue de 3.6m<sup>2</sup> (0.9m × 4m).

Previo a la siembra del cultivo de Girasol, se aplicó al voleo el yeso en el día 30 de agosto del año 2011. El cultivo de Girasol como cultivo inmediato, se aplicó 240kg/ha de fertilizante completo (8-20-10). Para el cultivo de maíz como cultivo sucesor, se aplicaron 240kg/ha de fertilizante completo (8-20-10) del igual que el caso para el Girasol, más 46kgN/ha como fertilizante nitrogenado en cobertura, con la Urea.

## 2.4 MÉTODO DEL CULTIVO PARA LAS DOS PLANTAS

Se sembró la semilla entre 0.45m de las hileras y 2.93 plantas por metro, y fue de 65,000semillas/ha, en el día 2 de septiembre del mismo año. Por otro lado, el maíz se la sembró a 0.45m entre hileras y 2.63 plantas por metro, y fue de 58,000 semillas/ha en el día 25 de enero del año 2012, para observar el efecto residual del yeso en este cultivo sucesor.

## 2.5 PULVERIZACIÓN DE AGROQUÍMICOS Y LA COSECHA

El manejo fitosanitario con las aplicaciones de herbicida, fungicida e insecticida se han sometido bajo un manejo suficiente, tratando de mantener impecable en este aspecto.

Las cosechas del Girasol y el Maíz fueron en los días 27 de diciembre del año 2011 y 6 de junio del año 2012, respectivamente.

## 2.6 ANÁLISIS DEL SUELO

En el Laboratorio de la Fundación Nikkei-CETAPAR (Centro Tecnológico Agropecuario del Paraguay), se utilizaron agua destilada (agua : suelo = 1:1) para determinar el valor de pH ( $H_2O$ ), y  $CaCl_2$  al 0.01M para determinar el valor de pH ( $CaCl_2$ ), la solución extractora de Mehlich No1 ( $0.05M HCl + 0.0125M H_2SO_4$ ) para determinar P, K, Mn, Fe, Zn y Cu disponibles, la solución sal de KCl al 1M para determinar Ca, Mg y Al intercambiables y el método de Walkley-Black para determinar materia orgánica sobre el análisis química de suelos. Además, se determinó (H+Al) intercambiables después de realizar el método de pH SMP, usando la tabla de interacción entre el valor del pH SMP y (H+Al) intercambiable.

Se calcularon Ca/K, Ca/Mg y Mg/K, usando los resultados obtenidos del Ca, Mg y K intercambiables. Por otro lado, se utilizó el sistema de Bouyoucos para determinar el contenido de arcilla (%) en el análisis físico del suelo.

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 ANÁLISIS DE LA SUPERFICIE DEL SUELO ANTES DE LA APLICACIÓN Y LA SIEMBRA

La Tabla N°1 muestra el análisis de la superficie del suelo antes de la aplicación y la siembra. De los resultados del análisis de la superficie (0 a 10cm), se observó alto contenido de Ca, Mg y P, mientras que el Al intercambiable fue bajo. Se considera que hubo influencia del efecto de la aplicación de la cal agrícola, aproximadamente un año anterior según el historial de la parcela con el propósito de mejorar la característica química del suelo.

Tabla N°1. Análisis de la superficie del suelo antes de la aplicación y la siembra.

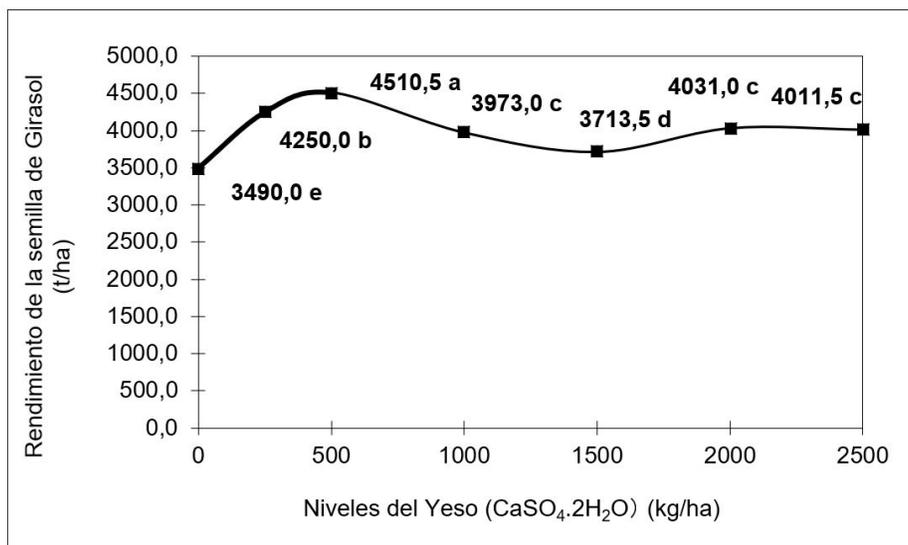
Muestra	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Arcilla (%)	pH (SMP)	MO (%)	P (mg/kg)	Ca (cmol <sub>c</sub> /kg)	Mg (cmol <sub>c</sub> /kg)
0-10cm	5.49	4.90	40.9	7.25	1.85	57.1	3.57	1.51
Muestra	K (cmol <sub>c</sub> /kg)	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	Al (cmol <sub>c</sub> /kg)	H+Al (cmol <sub>c</sub> /kg)	V (%)	CIC (cmol <sub>c</sub> /kg)
0-10cm	0.66	5.41	2.36	2.29	0.13	1.96	74.5	7.70
Muestra	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)				
0-10cm	33.6	4.40	9.18	96.2				

Relativamente, el suelo se clasificó como suelo ácido Oxisol, fue mejorado para la característica química de la superficie. Pero, se puede esperar la acidez no sólo de la superficie, sino también de la profundidad por la aplicación del yeso pues como el calcio combinado con tipo de sulfato es fácil de lixiviarse y mejorar conjuntamente con la cal aplicada, anteriormente.

### 3.2 RENDIMIENTO DE LA SEMILLA DE GIRASOL EN CADA TRATAMIENTO

Además, la Figura N°2 muestra dinámica del rendimiento de la semilla de Girasol. De los resultados de análisis de varianza, se observó la diferencia significativa al 1% para los niveles del yeso, y se observó el más alto rendimiento con 500kg/ha de este material. Por otro lado, no se observó alto rendimiento con la más aplicación de 500kg/ha.

Figura N°2. Dinámica del rendimiento de la semilla de Girasol.

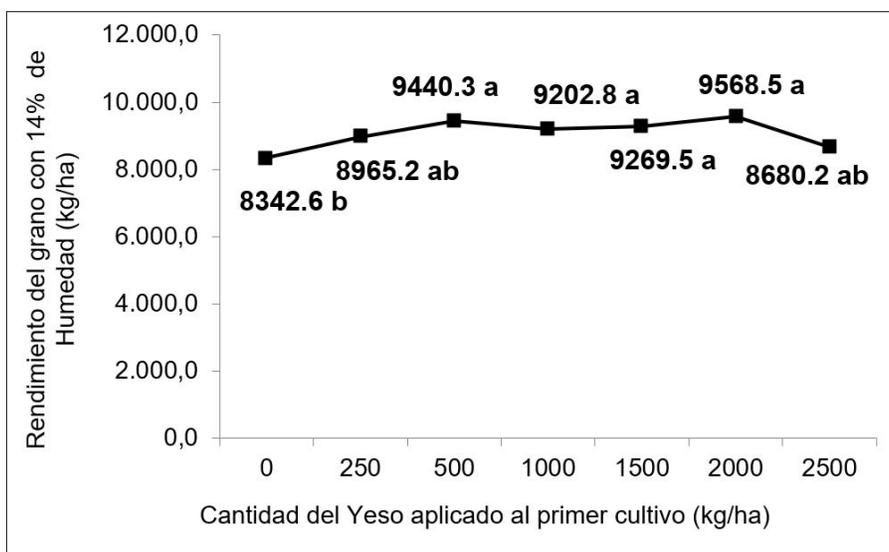


**Nota:** Se observó la diferencia significativa al 1% en el tratamiento del yeso. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en la prueba de rango múltiple de Duncan.

### 3.3 RENDIMIENTO DEL GRANO DE MAÍZ (KG/HA)

La Figura N°3 muestra la dinámica del rendimiento del grano de maíz de acuerdo con la cantidad del yeso aplicado al cultivo inmediato. De los resultados de análisis de varianza, no se observó la diferencia significativa para el rendimiento. Se considera que se desapareció efecto de los niveles del yeso aplicado para el cultivo sucesor.

Figura N°3. Dinámica del rendimiento del grano de maíz de acuerdo con la cantidad del yeso aplicado al cultivo inmediato.



**Nota:** No se observó la diferencia significativa en el tratamiento del yeso de los resultados de análisis de varianza. Pero, se observó la prueba de rango múltiple de Duncan al 5% aunque no se observó la diferencia significativa en el tratamiento del yeso. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes en la prueba de Duncan.

Pero se observó la diferencia significativa al 5% sobre la prueba de rango múltiple de Duncan, se registró como nivel “b” en el tratamiento sin la aplicación del yeso, el rendimiento fue el más bajo de los rendimientos con el yeso aplicado al cultivo inmediato. Al aplicar 250kg/ha del yeso, el rendimiento se aumentó y registró como nivel “ab”, se alcanzó casi máximo rendimiento al aplicar 500kg/ha de este material como nivel “a”. Al aplicar 2500kg, el rendimiento se bajó, y se registró como nivel “ab” al igual que el caso sin el yeso. Por fin se considera la aplicación elevada al cultivo inmediato para el cultivo de maíz.

De todos modos, se determinó la aplicación económica con 500kg/ha para el cultivo de Girasol como cultivo inmediato. Por buena suerte, al aplicar 500kg/ha en el cultivo inmediato, hubo efecto residual de este material, y se pudo esperar aumento

del rendimiento al igual que la cantidad aplicada con 1000, 1500 y 2000kg/ha al cultivo inmediato. Por eso, se determinó la aplicación económica con 500kg/ha no sólo para el cultivo inmediato sino también para el cultivo sucesor en la finca.

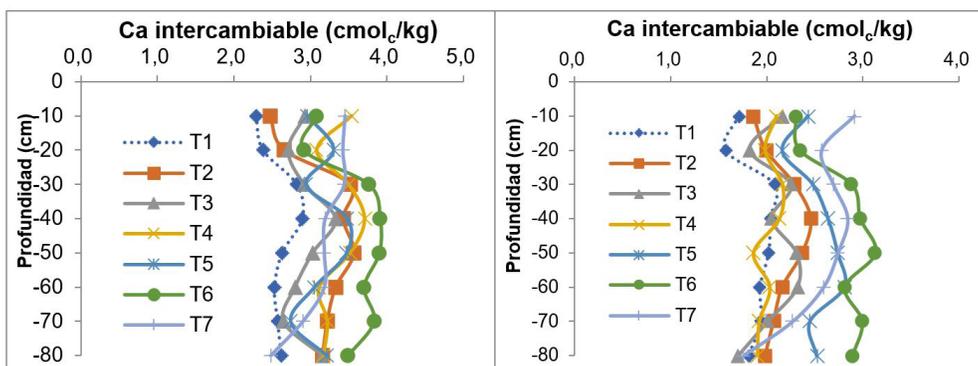
### 3.4 COMPARACIÓN DE LA DINÁMICA DE NUTRIENTES EN EL SUELO DENTRO DE LOS 7 TRATAMIENTOS DEL YESO DESPUÉS DE LA COSECHA DE GIRASOL (SEGUNDO) Y DE MAÍZ (TERCERO), RESPECTIVAMENTE

A continuación, Explica los resultados de la dinámica de nutrientes de la superficie al 80cm de la profundidad del suelo en cada aplicación y tratamiento del yeso pues que la evaluaron desde el punto de la vista de la característica química del suelo.

#### 3.4.1 Dinámica del Ca intercambiable

La Figura N°4 muestra la comparación de la dinámica del Ca intercambiable dentro de los 7 tratamientos en los segundo y tercer muestreos, respectivamente. En el segundo muestreo, se observó alto contenido del Ca de acuerdo con la aplicación del yeso, relativamente en la superficie. Especialmente, se observó alta lixiviación del Ca en el T6. En el tercer muestreo, se avanzó la lixiviación de este elemento en todos los tratamientos con el tiempo <sup>4), 5), 7), 8)</sup>.

Figura N°4. Comparación de la dinámica del Ca intercambiable dentro de los 7 tratamientos en el segundo (izquierda) y tercer (derecha) muestreo.



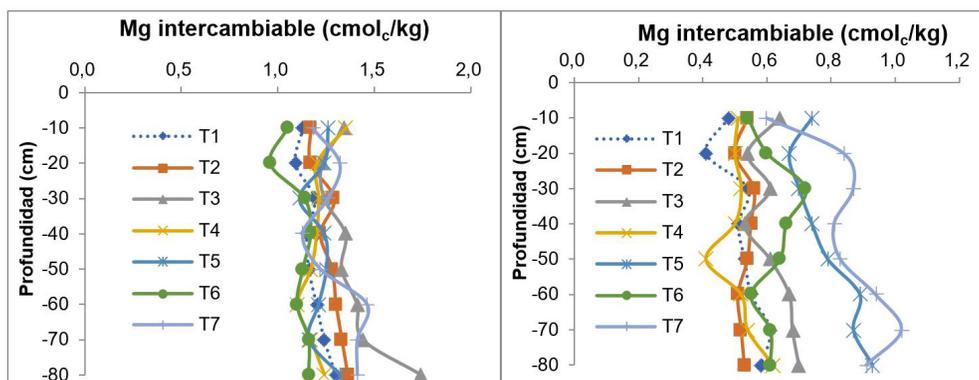
Nota: Los tratamientos con 0, 250, 500, 1000, 1500, 2000 y 2500kg/ha del yeso se denominaron como T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7, respectivamente en la Figura.

**Además del T6, para el T2 y T3, se observó más alta lixiviación que la lixiviación del T1, relativamente en el segundo muestreo. Por fin, al aplicar la cantidad adecuada del yeso, se pudo esperar la lixiviación de este elemento y mejorar la corrección de la acidez en todos los horizontes.**

### 3.4.2 Dinámica del Mg intercambiable

La Figura N°5 muestra la comparación de la dinámica del Mg intercambiable dentro de los 7 tratamientos en los segundo y tercer muestreos, respectivamente. En el segundo muestreo, casi no se observó la diferencia del contenido del Mg intercambiable de acuerdo con la aplicación del yeso <sup>7)</sup>.

Figura N°5. Comparación de la dinámica del Mg intercambiable dentro de los 7 tratamientos en el segundo (izquierda) y tercer (derecha) muestreo.



Nota: Los tratamientos con 0, 250, 500, 1000, 1500, 2000 y 2500kg/ha del yeso se denominaron como T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7, respectivamente en la Figura.

Para el tercer muestreo, se observó alto contenido del Mg en los tratamientos con 1500 y 2500kg/ha del yeso (T5 y T7), relativamente. A diferencia de los tratamientos mencionados, no se observó alto en el tratamiento con 2000kg/ha.

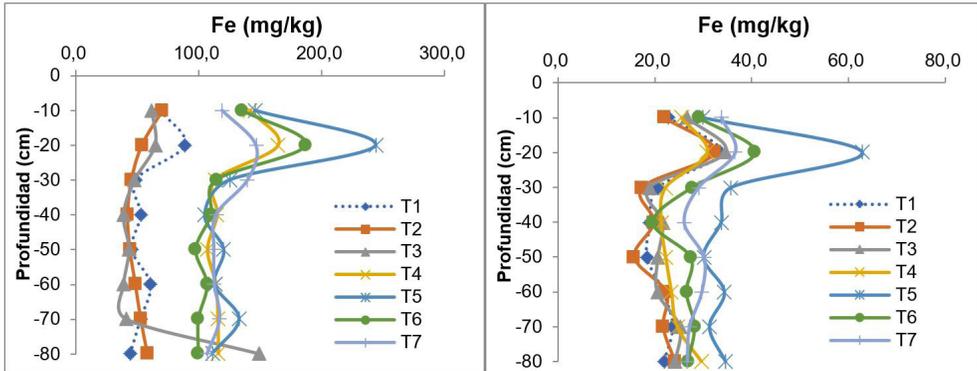
De todos modos, al aplicar la cantidad adecuada y más alta del yeso, **se pudo esperar alta lixiviación del Mg en el tercer muestreo y se considera la influencia de acidificación del suelo debido al sulfato.**

### 3.4.3 Dinámica del Fe disponible

Figura N°6 muestra la comparación de la dinámica del Fe disponible dentro de los 7 tratamientos en los segundo y tercer muestreos, respectivamente. De acuerdo con la alta aplicación del yeso, se observó alto contenido del Fe disponible, relativamente. Se lo continuó hasta 80cm de la profundidad. Especialmente, se pudo distinguir dos tipos tales como bajo y alto contenido del Fe en todos los tratamientos. Del T1 al T3, relativamente, se observó bajo contenido del Fe de la superficie a la profundidad de 80cm. (Para el T3, el contenido en la profundidad de 80cm fue el más alto de todos los tratamientos en la misma profundidad).

Por otro lado, del T4 al T7, se observó más alto contenido que el contenido en los T1, T2 y T3 dentro de la profundidad.

Figura N°6. Comparación de la dinámica del Fe disponible dentro de los 7 tratamientos en el segundo (izquierda) y tercer (derecha) muestreo.



Nota: Los tratamientos con 0, 250, 500, 1000, 1500, 2000 y 2500kg/ha del yeso se denominaron como T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7, respectivamente en la Figura.

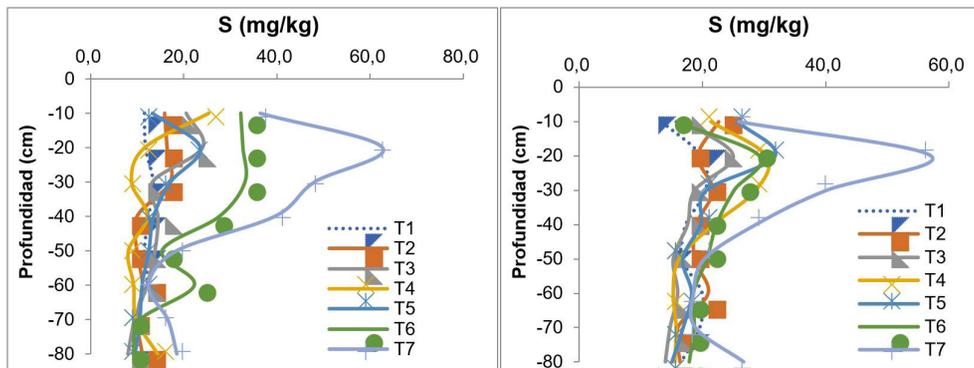
Como una opinión, se utilizó la solución extractora de Mehlich No1 fue ácida fuerte. Además, el yeso es un tipo de sulfato y fertilizante acidífero potencialmente en el suelo y se detectó más alta disponibilidad del Fe con la solución extractora ácida fuerte en todas las profundidades dentro de la aplicación del 1000 al 2500kg/ha del yeso con movimiento del tipo de sulfato <sup>6)</sup>.

Para el tercer muestreo, se observó alto contenido del Fe disponible en el T5 con 1500kg/ha. Especialmente, se lo observó muy alto en el 20cm de la profundidad, y de acuerdo con la más profundidad, se lo disminuyó al igual que el caso del segundo muestreo.

### 3.4.4 Dinámica del S disponible

Figura N°7 muestra la comparación de la dinámica del S disponible dentro de los 7 tratamientos en los segundo y tercer muestreos, respectivamente. En el segundo muestreo, se observó alto contenido del S en la superficie del suelo de acuerdo con la aplicación del yeso en comparación con el contenido en el T1. Especialmente, de las profundidades del 20 al 40 cm, el contenido del S en el T7 (2500kg/ha) observó el más alto del contenido de todos los tratamientos.

Figura N°7. Comparación de la dinámica del S disponible dentro de los 7 tratamientos en el segundo (izquierda) y tercer (derecha) muestreos.



Nota: Los tratamientos con 0, 250, 500, 1000, 1500, 2000 y 2500kg/ha del yeso se denominaron como T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7, respectivamente en la Figura.

A continuación, el contenido del S en el T6 fue el segundo alto de la superficie a la profundidad de 50 cm. Se considera que se avanzó la lixiviación del S por la aplicación de más de 2000kg del yeso, teniendo en cuenta una distribución de lluvia.

Dentro de los T2 a T5, se observó el contenido muy similar del S con el contenido en el T1 en la profundidad de los 40 a 80 cm. Se considera que todavía no se lo alcanzó más profundidad.

En el tercer muestreo, se observó el más alto contenido del S en las profundidades del 20 al 40 cm en el T7 al igual que el caso del segundo muestreo, pero, se observó lixiviación con el tiempo en comparación con los contenidos en el segundo muestreo. Además, este elemento se hizo lixiviación en todos los tratamientos en comparación con el en el segundo muestreo, relativamente.

### 3.5 DETERMINACIÓN DE LA APLICACIÓN ECONÓMICA PARA EL YESO EN EL PRIMER AÑO

**Relativamente, se observó alta lixiviación del Ca y Mg de acuerdo con la cantidad aplicada del yeso en comparación con el Testigo**, mientras que, para el Fe se observó la distinción entre 0-500 y 1000-2500kg/ha del yeso, se lo lixivió, marcadamente en la aplicación posterior. Además, para el S, se observó muy alta lixiviación por la aplicación de 2500kg/ha. Por fin, se considera avanzarse la acidificación del suelo por la aplicación del yeso con el tiempo.

Pero, teniendo en cuenta el rendimiento obtenido para el girasol en el primer año, se ha determinado 500kg/ha del yeso como la aplicación económica. Actualmente, al

aplicar 500kg/ha del yeso, se observó más alta lixiviación para el Ca y Mg que la lixiviación en el Testigo, relativamente no sólo en el segundo muestreo sino también en el tercero. Por fin, se podrá esperar la acidificación en el suelo con el tiempo por 500kg/ha como la aplicación económica, aunque fue menor efecto que la acidificación al aplicar más de 1000kg/ha.

#### 4 CONCLUSIONES

1. De los resultados de análisis de varianza, se observó la diferencia significativa al 1% para los niveles del yeso en el cultivo de Girasol como cultivo inmediato, mientras que, para el cultivo de Maíz como cultivo sucesor, no se la observó.
2. Al cultivo sucesor, se desapareció el efecto residual del yeso aplicado al cultivo inmediato.
3. Sobre la dinámica de nutrientes de la superficie a 80cm de la profundidad del suelo, relativamente, se observó alta lixiviación del Ca y Mg de acuerdo con la cantidad aplicada del yeso en comparación con el Testigo y se pudo corregir la acidez en todos los horizontes en el suelo (**para el T2 y T3, se observó más alta lixiviación que la lixiviación del T1, relativamente en el segundo muestreo**).
4. Sobre el Fe disponible, se pudo distinguir dos tipos tales como bajo y alto contenido del Fe en todos los tratamientos. Del T1 al T3, relativamente, se observó bajo contenido del Fe, mientras que para los T4 a T7, alto contenido en el segundo muestreo. Como una opinión, se utilizó la solución extractora de Mehlich No1 fue ácida fuerte. Además, el yeso es un tipo de sulfato y fertilizante acidífero potencialmente. Al aplicar el yeso (material del S), se convirtió la condición ácida fuerte en el suelo y se detectó más alta disponibilidad del Fe con la solución extractora ácida fuerte en todas las profundidades dentro de la aplicación del 1000 al 2500kg/ha del yeso con movimiento del tipo de sulfato.
5. En el segundo y tercer muestreo, se observó el más alto contenido para el S en las profundidades del 20 al 40 cm el T7 (2500kg/ha).
6. Se observó la lixiviación del S como tipo de sulfato con el tiempo, especialmente, se avanzó la acidificación en el T7 (2500kg/ha). Por eso, se la podrá esperar en el suelo aplicado elevado.
7. Aunque se aplicó 500kg/ha del yeso, periódicamente como la aplicación económica, se podrá esperar la acidificación del suelo con el tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETAPAR. 2012. Resultados de Clima y temperatura.
2. Colonia Yguazú (Paraguay) [http://es.wikipedia.org/wiki/Yguaz%C3%BA\\_\(Alto\\_Paran%C3%A1\)\\_EMBRAPA](http://es.wikipedia.org/wiki/Yguaz%C3%BA_(Alto_Paran%C3%A1)_EMBRAPA).
3. EMBRAPA Cerrados, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2002. Cerrado, Correção do solo e adubação, [Editores: Djalma Martinhão Gomes de Sousa, Edson Lobato], Planaltina, DF, Brasil, 81-96.
4. J. Kluthcouski, I. P. de Oliveira, L. P. Yokoyama, L. G. Dutra, T. de A. Portes, A. E. da Silva, B. da S. Pinheiro, E. Ferreira, E. da M. de Castro, C. M. Guimarães, J. de C. Gomide y L. C. Balbino. 2000. Sistema Barreirão: Recuperación/Renovación de Pasturas Degradadas Utilizando Cultivos Anuales, En: Guimarães, E. P.; Sanz, J. I.; Rao, I. M.; Amézquita, M. C.; y Amézquita, E. (eds.). Sistemas Agropastoriles em Sabanas Tropicales de América Latina, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 195-231.
5. Quaggio, J. A. 2000. Acidez e calagem em solos tropicais. Instituto Agronômico (IAC), Campinas-SP, Brasil. 77-103.
6. Rojas, A. E. et al., 1992. Fertilización de diversos cultivos. Quinta aproximación. ICA. Tibaitatá, Santa Fe de Bogotá, Colombia. 64. pp.
7. M. S. Cravo. and T. J. Smyth: Lime requirement and downward movement of Ca and Mg. TropSoil Technical Report, 1985-1986. North Carolina State Univ. Raleigh, North Carolina, USA. 102-106, 1987.
8. T. J. Smyth. and M. S. Cravo: Lime and gypsum applications. TropSoil Technical Report, 1986-1987. North Carolina State Univ. Raleigh, North Carolina, USA. 150-151.

# CAPÍTULO 15

## EFFECTO DE CUATRO NIVELES DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ DE SECANO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELO

Data de submissão: 04/10/2021

Data de aceite: 21/10/2021

**Kentaro Tomita**

Escuela Superior Politécnica del Litoral  
(ESPOL) y

Voluntario Senior de JICA:

Agencia de Cooperación Internacional  
del Japón

ORCID: 0000-0001-9000-4758

**RESUMEN:** El trabajo se realizó en la finca experimental de El Coco perteneciente al Subcentro Pacífico Marciaga del IDIAP, distrito de Penonomé, provincia de Coclé, Panamá, sobre un suelo clasificado en la familia fino, mezclado, isohipertérmico, Aeric Tropaquept. El clima del sitio se caracteriza por ser tropical húmedo, con promedio de 1,480 mm de precipitación al año, con una temperatura promedio que oscila entre 20 y 35°C. El ensayo consistió en la siembra de parcelas de arroz de secano en tres tipos del suelo (Suelo seco [Seco], Suelo que tiene media humedad [Media humedad] y Suelo que tiene alta humedad [Alta humedad]) y cuatro niveles de nitrógeno (0, 30, 60 y 100kgN/ha). El diseño fue factorial 3 x 4 con arreglo en bandas para los suelos y en bloques al azar con cuatro repeticiones en el cultivo de

arroz de secano. La siembra se realizó al voleo y la cantidad fue de 113kg/ha de semilla (La variedad: IDIAP 145-05), ajustada de acuerdo el porcentaje de germinación. Se realizó la medición de la infiltración en cada tratamiento del suelo como la característica física antes de la fertilización y la siembra. Se observó el aumento del rendimiento de acuerdo con la aplicación nitrogenada química en todos los tratamientos del suelo, y el rendimiento en el suelo alto húmedo fue el más alto de otros suelos, relativamente, y el valor del rendimiento con la aplicación de 100kgN/ha en el alto húmedo fue de 3363kg/ha. De todos modos, se recomienda el cultivo de arroz de secano en la región húmeda como aprovechamiento de la tierra, teniendo en cuenta cambio de la lluvia por un año (La precipitación anual del año 2007 fue cerca de 1900mm, y la precipitación del año 2008 fue cerca de 870mm).

**PALABRAS CLAVES:** Arroz de secano. Inceptisol. Nitrógeno. Suelo húmedo. Suelo seco.

### EFFECT OF FOUR LEVELS OF NITROGEN ON UPLAND RICE UNDER DIFFERENT TYPES OF SOIL

**ABSTRACT:** This work was carried out at the experimental field of El Coco belonging to the Subcenter Pacific Marciaga of IDIAP, district pf Penonome, Province of Coclé, Panama, about a soil classified on the family fine, mixed, isohyperthermic, Aeric Tropaquept. The climate of the localization was characterized as

tropical humid, with average of 1,480mm of precipitation a year, with average temperature which ranges between 20 and 35°C. The treatments consisted in the sowing of the upland rice culture on three types of the soil (Dried soil [Dried], Soil which has medium humidity [Medium humidity] and soil which has high humidity [High humidity]) and 4 levels of N (0, 30, 60 y 100kgN/ha). The block was two factorials 3 x 4 with arrangement on bands for the soil and a block designed at random four replications on the upland rice culture. The sowing was carried out broadcast and the amount was 113kg/ha of seed (The variety: IDIAP 145-05), adapted in accordance with the germination's percentage. It was carried out the infiltration and apparent density on every treatment of the soil as physical properties of the soil before the application and the sowing. It was observed grain yield increase in accordance with the chemical nitrogen application on all treatments of the soil, and the yield on the High humidity was the highest of them, relatively, and the value of the yield with the application of 100kgN/ha on the high humidity was 3363kg/ha. However, it recommends upland rice culture in the humidity region as effective utilization of the land, taking into account for change of rainfall a year (Annual precipitation on the year 2007 was about 1900mm, but about 870mm on the year 2008).

**KEYWORDS:** Inceptisol. Nitrogen. Soil dried. Soil humidity. Upland rice.

## EFEITO DE QUATRO NÍVEIS DE NITROGÊNIO NA CULTURA DE ARROZ DE SEQUEIRO EM DIFERENTES TIPOS DE SOLO

**RESUMO:** O trabalho realizou-se na fazenda experimental El Coco pertencente ao Subcentro Marciaga Pacific do IDIAP, distrito de Penonomé, província de Coclé, Panamá, em um solo classificado na família fina, misturado, isohipertérmico, Aeric Tropaquept. O clima do local caracteriza-se por ser tropical úmido, com média de 1.480 mm de precipitação por ano, com temperatura média que oscila entre 20 e 35°C. O ensaio consistiu na semeadura de parcelas de arroz de sequeiro em três tipos de solo (Solo seco [Seco], Solo com média umidade [Média Umidade] e Solo com alta umidade [Alta Umidade]) e quatro níveis de nitrogênio (0, 30, 60 e 100kgN/ha). O desenho foi fatorial 3 x 4 com arranjo em banda pelos solos e em blocos ao acaso com quatro repetições no cultivo de arroz de sequeiro. A semeadura realizou-se a lanço e a quantidade foi de 113kg/ha de semente (A variedade: IDIAP 145-05), ajustada de acordo com a porcentagem de germinação. Realizou-se a medição da infiltração em cada tratamento de solo como a característica física antes da fertilização e semeadura. Observou-se o aumento do rendimento de acordo com a aplicação nitrogenada química em todos os tratamentos do solo, e o rendimento no solo alto úmido foi mais alto de outros solos, relativamente, e o valor do rendimento com a aplicação de 100kgN/ha no alto úmido foi de 3363kg/ha. Em qualquer caso, recomenda-se o cultivo de arroz de sequeiro na região úmida como aproveitamento da terra, levando em conta variação da precipitação em um ano (A precipitação anual em 2007 foi cerca de 1900mm, e a precipitação no ano de 2008 foi cerca de 870 mm).

**PALAVRAS-CHAVE:** Arroz de sequeiro. Inceptissolo. Nitrogênio. Solo seco. Solo úmido.

### 1 INTRODUCCIÓN

Gran parte de los suelos del Arco Seco de la República de Panamá han sido identificados como suelos degradados, con baja fertilidad (ANAM: Autoridad Nacional

del Ambiente, 2004). El trabajo consistió en la evaluación de los tratamientos en parcelas experimentales ubicadas en la finca experimental de El Coco, Subcentro Pacífico Marciaga del IDIAP, ubicado en el distrito de Penonomé, provincia de Coclé, sobre un suelo clasificado en **la familia fino, mezclado, isohipertérmico, Aerico Tropaquept**. El clima del sitio se caracteriza por ser tropical húmedo, con promedio de 1480 mm de precipitación al año, con una temperatura promedio que oscila entre 20 y 35°C.

Actualmente, ya no es sostenible la producción de arroz bajo el sistema de secano, y en realidad, tiene mucha diversidad como los suelos secos y los suelos húmedos. Por eso, se observa la diferencia del rendimiento del grano en el suelo que tiene humedad que el rendimiento en el suelo seco, relativamente. Además, también se observó la diferencia del rendimiento, tomando en cuenta cambio de la lluvia durante dos años. Se evaluó la diferencia del rendimiento entre los suelos mencionados durante dos años (2007-2008), y concluyeron la manejo del cultivo en Llanos de Coclé.

Hasta la fecha no se tiene información suficiente en cuanto a dosis óptima y económica de N inorgánico en Inceptisoles con diferente tipo como Seco, Medio húmedo y Alto húmedo a la producción de arroz.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 PLANIFICACIÓN DEL EXPERIMENTO Y FERTILIZACIÓN EN EL PRIMER AÑO

Se evaluaron 4 niveles de N (primer año: 0, 25, 50 y 100kgN/ha; segundo año: 0, 30, 60 y 100kg/ha) y en el cultivo de arroz bajo secano en el suelo seco y el suelo húmedo con 3 réplicas en Llanos de Coclé en Panamá durante dos años (2007-2008).

En el primer ciclo de producción de arroz (2007), la siembra se realizó al voleo y la cantidad fue de 113kg/ha de semilla, ajustada de acuerdo el porcentaje de germinación. Se utilizó la urea como fuente de N, distribuida en tres partes: al momento de la siembra es de 0, 7.5, 15 y 30kgN/ha (un tercio); a los 35 y 60 días de sembrado son de 0, 7.5, 15 y 30kgN/ha (un tercio) y 0, 10, 20 y 40kgN/ha (un tercio);, respectivamente. Las dosis de  $P_2O_5$  (80 kg/ha: Fuente fue el SFT) se aplicó al voleo al momento de la siembra, al igual que una dosis a base de  $K_2O$  (20kg/ha: Fuente fue el Sulfomag) de acuerdo con análisis de suelos antes de la siembra de arroz. Segunda aplicación de  $K_2O$  (30 kg/ha: Fuente fue el KCl) se aplicó a 35 después de la siembra.

### 2.2 MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN EN EL SEGUNDO AÑO

En el segundo ciclo de producción de arroz (2008), la siembra se realizó al voleo y la cantidad fue de 113kg/ha de semilla, ajustada de acuerdo el porcentaje de germinación.

Se utilizaron el DAP como abono nitrogenado principal: al momento de la siembra es de 0, 30, 30 y 30kgN/ha; y la urea como abono nitrogenado adicional: a los 35 y 60 días de sembrado son de 0, 0, 15 y 35kgN/ha (un tercio) y 0, 0, 15 y 35kgN/ha (un tercio);, respectivamente. Las dosis de  $P_2O_5$  (80 kg/ha: Fuente fue el DAP) se aplicó al voleo al momento de la siembra (el SFT se utilizó en el tratamiento de 0kgN/ha), al igual que una dosis a base de  $K_2O$  (30 kg/ha: Fuente fue el KCl más 20kg/ha: Fuente fue el Sulfomag).

## 2.3 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO Y ANÁLISIS DE TEJIDO VEGETAL

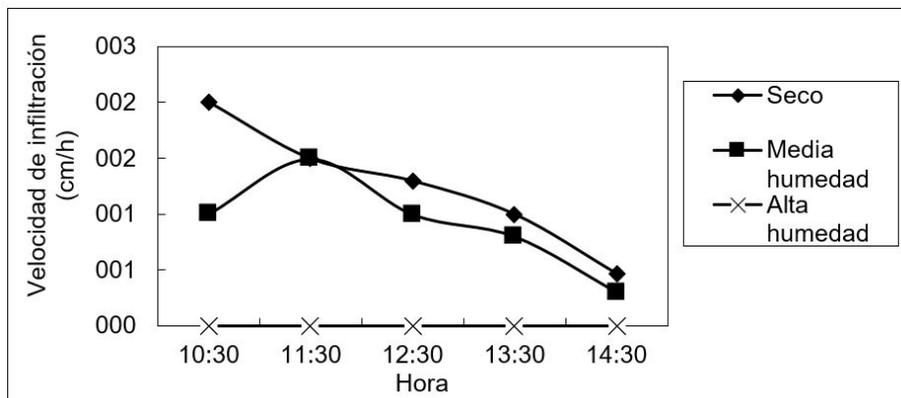
Para la caracterización físico-química del suelo, se tomaron muestras de 0-20 cm de profundidad en cada tratamiento antes de la siembra y después de la cosecha de arroz. A cada muestra se le hicieron análisis de pH, materia orgánica y bases intercambiables según metodología para análisis descrito por Díaz, Romeo y Hunter (1978). La extracción de P y K se efectuó con la solución de Mehlich No1 ( $0.05M HCl + 0.0125M H_2SO_4$ ) (suelo : agua = 1:1) ( The Council on soil testing and analysis, 1980).

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 DINÁMICA DE LA INFILTRACIÓN EN CADA SUELO

La Figura N°1 muestra la dinámica de la velocidad de infiltración en cada tratamiento del suelo. Se observó que la velocidad de infiltración en el tratamiento de Alta humedad era más lenta, y el valor era de 0 (cm/h) dentro de cuatro horas. La velocidad de otros tratamientos como Seco y Media humedad fueron mejores en comparación con la de Alta humedad. El tratamiento de Alta humedad se considera como suelo que tiene alta humedad dentro del cultivo de arroz en la estación lluviosa.

Figura N°1. Dinámica de la velocidad de infiltración en cada tratamiento del suelo.



### 3.2 ANÁLISIS DE SUELOS ANTES DE LA SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN

La Tabla N°1 muestra los resultados de análisis de suelos antes de la siembra de arroz y la fertilización. Se observó que era bajo contenido de arcilla, en contrario, alto contenido de arena (más de 50%). Además, se considera que una diversidad en cada tipo del suelo ya que el contenido de arena fue gran viabilidad en la finca experimental de El Coco.

Tabla N°1. Característica físicos-químicas del suelo antes de la fertilización y la siembra.

Muestra de suelos Profundida (0-15cm)	Granulometría			pH H <sub>2</sub> O 1;1	Disponible		Intercambiables			CICE	M.O. (%)
	Arena	Limo	Arcilla		P	K	Ca	Mg	Al		
	(% )				(mg/L)		cmol <sub>c</sub> /kg				
Seco	74.0	14.0	12.0	5.6	3.0	94.0	1.9	1.0	0.1	3.0	1.07
Medio húmedo	68.0	16.0	16.0	5.7	13.0	39.0	3.2	1.1	0.1	4.4	0.40
Alto húmedo	58.0	18.0	24.0	6.0	10.0	28.0	4.6	1.3	0.1	6.0	0.67

Análisis realizados en el Laboratorio de suelos del IDIAP en Divisa.

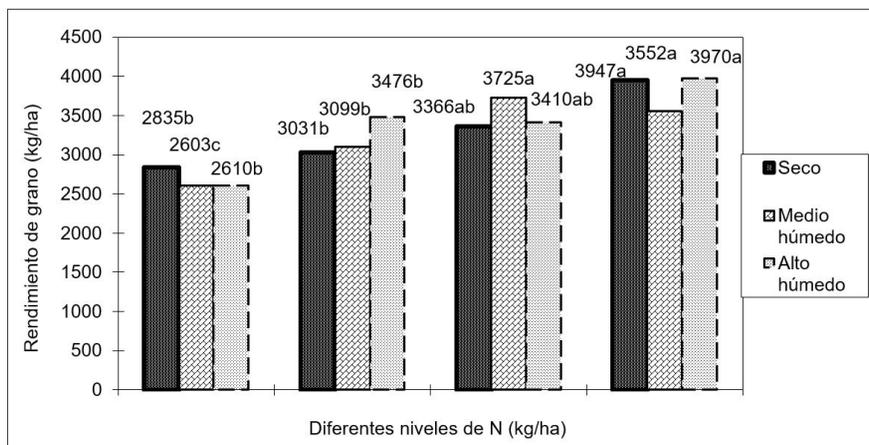
**Métodos analíticos:** pH en agua (1:1); P y K = Extractor Mehlich 1 (0.05M HCl + 0.0125M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); Ca, Mg y Al = Extractor KCl al 1M; CICE = Ca+Mg+Al; M.O. = Materia Orgánica (Walkley-Black modificado); Análisis física = Bouyoucos.

Por otro lado, estaremos fácil de entender que no es suelo ácido fuerte pues como fue bajo contenido de Al intercambiable en la vista de característica química del suelo. Además, se reconoció la diferencia de Ca intercambiable entre los tipos del suelo, fue más alto contenido de mismo elemento en el Alto húmedo. En contrario, el contenido de materia orgánica fue alrededor de 1% o menos de 1%, el contenido en el Seco fue más alto de otros tipos del suelo.

### 3.3 RENDIMIENTO DE GRANO DE ARROZ EN EL PRIMER AÑO

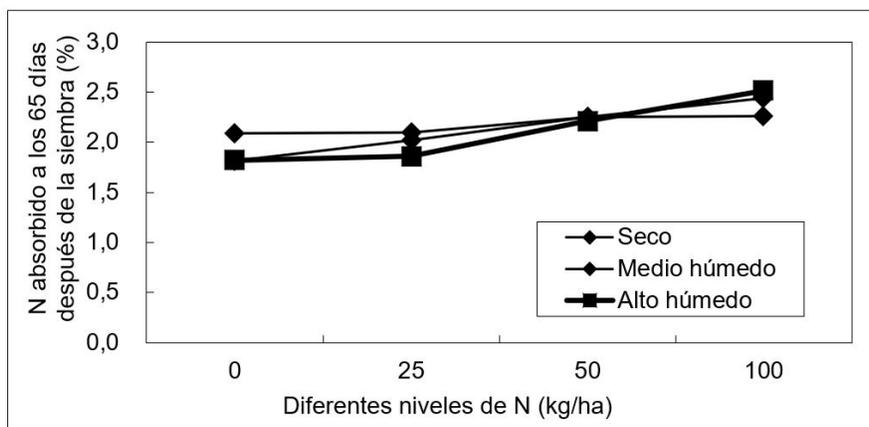
La Figura N°2 muestra los resultados de rendimiento en grano para cada tipo del suelo. Con relación a rendimiento de grano, se encontró que hubo diferencia significativa al 1% al aumentar los niveles de N en la hoja bandera, sin embargo, no se observó diferencia significativa en los tipos del suelo.

Figura N°2. Rendimiento de grano de arroz en cada tratamiento.



Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Figura N°3. Dinámica del N absorbido en la planta y diferentes niveles del N en cada suelo a los 65 días después de la siembra.



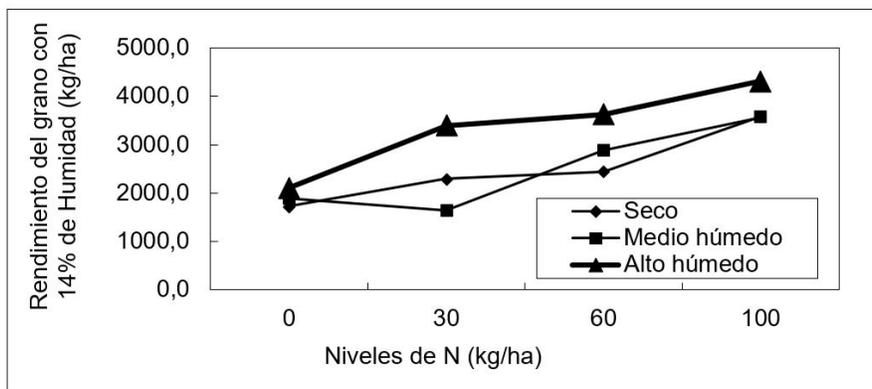
### 3.4 DINÁMICA DE N ABSORBIDO DE ACUERDO CON DIFERENTES NIVELES DE N EN CADA SUELO

En la Figura N°3 se muestra la dinámica del N absorbido en la planta y diferentes niveles del N en cada suelo a los 65 días después de la siembra, con un coeficiente de correlación significativa al 1%.

### 3.5 DINÁMICA DEL RENDIMIENTO DE GRANO DE ARROZ EN EL SEGUNDO AÑO

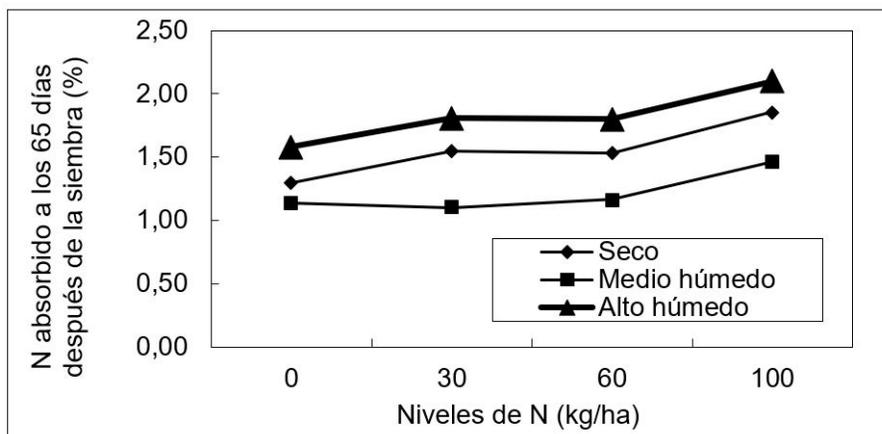
La Figura N°4 muestra la dinámica del rendimiento del grano de acuerdo con los niveles de N en cada suelo en el segundo año. De los resultados de análisis de varianza, se observó la diferencia significativa al 1% para niveles del N y tipo del suelo.

Figura N°4. Dinámica del rendimiento del grano de acuerdo con los niveles de N en cada suelo en el segundo año.



A diferencia del caso del año anterior, se consideró que se observó baja precipitación (menos de 1000mm por un año) en el año 2008, se observó la diferencia para el rendimiento en cada tipo del suelo. Actualmente, se observó el más alto rendimiento con 100kgN/ha en el Alto húmedo, teniendo en cuenta observándose alta inundación durante 4 o 5 días en el suelo superficial después de llover.

Figura N°5. Dinámica del N absorbido en la hoja bandera a los 65 días después de la siembra de acuerdo con los niveles de N en cada suelo.



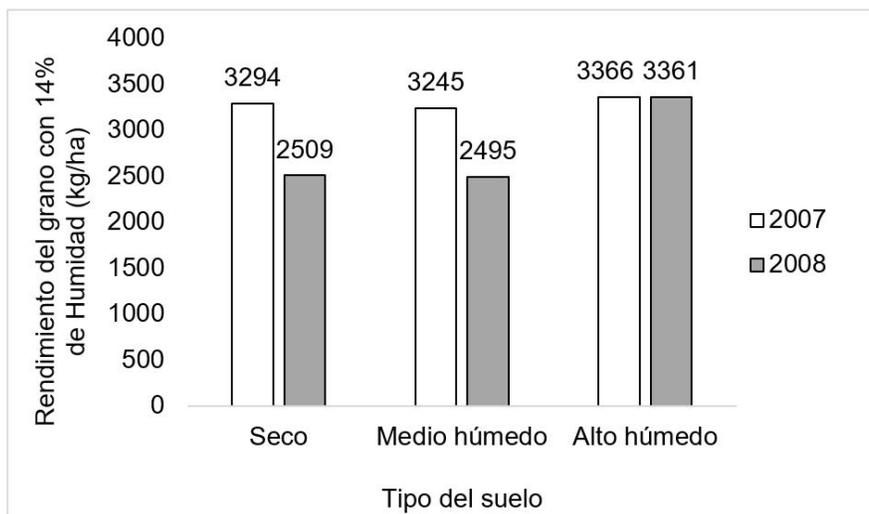
Por el contrario, se observó el más bajo rendimiento en el Medio húmedo. Es probable que tenga alta influencia de la velocidad de infiltración del suelo al igual que el caso del Seco.

### 3.6 DINÁMICA DEL N EN LA PLANTA ENTRE EL SUELO SECO Y HÚMEDO

La Figura N°5 muestra la dinámica del N absorbido en la hoja bandera a los 65 días después de la siembra de acuerdo con los niveles de N en cada suelo en el segundo

año. De los resultados de análisis de varianza, se observó la diferencia significativa al 1% para niveles del N y tipo del suelo al igual que el caso anterior. Por fin, se observó la misma tendencia con la dinámica del rendimiento del grano.

Figura N°6. Comparación del rendimiento del grano en cada tratamiento del tipo del suelo en cada año.



Nota: Para los valores en cada tipo del suelo en cada año, es valor promedio de cuatro niveles del N aplicado.

### 3.7 COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE GRANO EN CADA SUELO DURANTE LOS 2 AÑOS

La Figura N°6 muestra la comparación del rendimiento del grano en cada tratamiento del tipo del suelo en cada año. En el primer año, fue alrededor de 1900mm como la precipitación al año. Para el segundo, fue de menos de 1000mm, respectivamente. Por fin, teniendo en cuenta la velocidad de infiltración en cada tipo del suelo, se observó bajo rendimiento en el segundo año más que el rendimiento en el primero bajo condición del suelo con alto valor de la velocidad de infiltración, y se preocupa el estrés del agua para el cultivo de arroz de secano en la época con menos lluvia.

A diferencia del caso del Seco y Medio húmedo, no se observó la gran diferencia para el rendimiento del grano en Alto húmedo en cada año. Se considera muy baja velocidad de infiltración y se observó alta inundación durante largo plazo después de llover. Por eso, se puede recomendar el cultivo de arroz de secano en el suelo alto húmedo como aprovechamiento de la tierra en Llanos de Coclé, teniendo en cuenta cambio climático.

## 4 CONCLUSIONES

1. Con relación a rendimiento de grano, se encontró que hubo diferencia significativa al 1% al aumentar los niveles de N en la hoja bandera, sin embargo, no se observó diferencia significativa en los tipos del suelo, teniendo en cuenta más alta precipitación al año en el primer año.
2. Se observó diferencia significativa al 1% en los niveles de N, solamente para el rendimiento del grano en el primer año.
3. Se observó diferencia significativa al 1% no sólo en los niveles de N sino también en dos tipos del suelo para el rendimiento en el segundo año.
4. Actualmente, se observó alto rendimiento en el Alto húmedo más que el rendimiento en el Seco y Medio húmedo, teniendo en cuenta menos precipitación (868mm al año) en el segundo año.
5. A diferencia del caso del Seco y Medio húmedo, no se observó la gran diferencia para el rendimiento del grano en cada año.
6. Se considera muy baja velocidad de infiltración y se observó alta inundación durante largo plazo después de llover. Por eso, se puede recomendar el cultivo de arroz de secano en el suelo como aprovechamiento de la tierra en Llanos de Coclé, teniendo en cuenta cambio climático.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2004. Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación.
2. Camargo, I., Martínez, L., Batista, E., Him, P., Quirós, E. y Mame, B. 2005. Evaluación de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de secano y riego. Panamá. 2002-2003. *Agronomía Mesoamericana* 16 (2), 117-125.
3. CONTRALORIA DE LA REPUBLICA DE PANAMA. Dirección de Estadística y Censo 312. Sección 312, Producción Agropecuaria.
4. Fox, R. H., Piekielek, W. P. 1983. Response of corn to nitrogen fertilizer and the prediction of soil nitrogen availability with chemical test in Pennsylvania. *Penn. Agric. Expt. Stn. Bull.* pp. 843.
5. Guerrero, R. 1990. La eficiencia de la fertilización nitrogenada. *Suelos Ecuatoriales* 20 (1): 88-96.
6. Jaramillo, S. E. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. *Boletín Técnico* No 38. Divisa, Panamá. pp. 67.
7. MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2003. Dirección Nacional de Agricultura. Informe final sobre la superficie sembrada de arroz y producción nacional para el año agrícola 2002-2003.
8. Rumeu, D., Hunter, A. 1978. Metodologías de muestreo de suelos; análisis químico de suelos de tejido vegetal y de investigaciones en invernadero. Casa editorial, Turrialba, Costa Rica. 62 pp.

9. Sánchez, P. A., Salinas, J. G. 1983. Suelos ácidos, Estrategias para su manejo en bajos insumos en América Tropical. Editor Sociedad Colombiana en la Ciencia del Suelo. Colombia. 93 pp.
10. Tomita, K. 2003. Estudio de niveles de fertilización, utilizando nitrógeno orgánico e inorgánico en un Ultisol cultivado con arroz a secano en Panamá. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. Suelos Ecuatoriales. 33 (1), 12-18.

# CAPÍTULO 16

## EFEITO SOBRE RENDIMENTO DE GRÃO DE MILHO E AS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO PELA INCORPORAÇÃO DE CULTURAS REPRESENTANTES PARA ADUBAÇÃO VERDE EM UM LATOSSOLO (OXISSOLO) VELMELHO ESCURO DE BRASIL

Data de submissão: 07/09/2021

Data de aceite: 21/09/2021

**Kentaro Tomita**

Universidad Nacional de Pilar  
Facultad de Ciencias Agropecuaria &  
Desarrollo Rural y  
Voluntario Senior de JICA:  
Agencia de Cooperación Internacional  
del Japón  
ORCID: 0000-0001-9000-4758

**RESUMO:** Semearam-se 5 culturas representativas, Milheto (*Pennisetum americanum* L.), Aveia (*Anena strigosa* Schreb), Sorgo (*Sorghum bicolor* L.), Mucuna (*Mucuna pruriens*) e Girassol (*Hellanthus annuus* L.), na fazenda experimental (2,6ha) do Instituto de Pesquisa Técnica e Difusão Agropecuária JATAK, localizado no município de Guatapará-SP em 20 de junho de 2004. O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro (EMBRAPA, 1989) e foram incorporados às lavouras colhido fresco em 4 de outubro do mesmo ano, após a colheita. Por outra parte, semeou-se o milho em 5 de outubro de 2004 e colheu-se em 26 de março de 2005, com a testemunha sem incorporação. A variedade de milho utilizada foi a PIONEER 30F80 na densidade de 38300

plantas/ha. Observou-se que o rendimento do grão de milho no tratamento Mucuna foi o mais alto em todos os tratamentos, obtendo-se como resultado uma produção de 8,4t/ha. Especialmente, considera-se que o efeito do nitrogênio incorporado na leguminosa teve relevância significativa no alto rendimento obtido do milho no tratamento Mucuna. Em realidade, observou-se que o teor de N na Mucuna foi o mais alto em comparação com outras culturas incorporadas. Por outra parte, observou-se que o valor da matéria orgânica no solo aumentou em todos os tratamentos das culturas incorporadas. Considerando-se que o material das culturas para adubação verde foi decomposto (húmus e/ou matéria orgânica do solo) produzindo alguns ácidos orgânicos rapidamente. Além disso, considera-se que teve efeito de quelato ao aumentar a disponibilidade de P para as plantas, e influenciou a produtividade do grão de milho sobre a disponibilidade de P assim como do N. **PALAVRAS-CHAVE:** Adubação verde. Aveia. Matéria orgânica no solo. Milheto. Mucuna.

EFFECTO SOBRE RENDIMIENTO DE GRANO  
DE MAÍZ Y LA PROPIEDADES QUÍMICAS  
DEL SUELO POR LA OMCORPORACIÓN  
DE CULTIVOS REPRESENTATIVOS PARA  
ABONO VERDE EN UN LATOSOL (OXISOL)  
ROJO OSCULO DE BRASIL

**RESUMEN:** Se sembraron 5 cultivos representativos, Milheto (*Pennisetum*

*americanum* L.), Avena (*Anena strigosa* Schreb), Sorgo (*Sorghum bicolor* L.), Mucuna (*Mucuna pruriens*) y Girasol (*Hellanthus annuus* L.) en la finca experimental (2.6 ha) del Instituto de Investigación Técnica y Difusiones Agropecuarias de la JATAK, localizada en el municipio de Guatapar-SP en Brasil el 20 de junio de 2004. El suelo utilizado en el experimento fue clasificado como Latosol Rojo-Oscuro (EMBRAPA, 1989) y se incorporaron los cultivos cosechados frescos el día 4 de octubre del mismo año, despues de cosecharlos. Por otra parte, se sembró maíz el día 5 de octubre de 2004, y se lo cosech el día 26 de marzo de 2005, con el testigo sin incorporación. La variedad de maíz utilizada fue PIONEER 30F80 a una densidad de 38300 plantas/ha. Se observó que el rendimiento del grano de maíz en el tratamiento de Mucuna fue el más alto rendimiento en todos los tratamientos, obteniendo como resultado una producción de 8.4 t/ha. Especialmente, se considera que el efecto incorporado de nitrógeno de la planta leguminosa, tuvo relevancia significativa sobre el alto rendimiento obtenido de maíz en el tratamiento de Mucuna. En realidad, se observó que el contenido de N en Mucuna fue el más alto en comparación con otros cultivos incorporados. Por otra parte, se observó que el valor de materia orgnica en el suelo aument en todos los tratamientos de los cultivos incorporados. Considerándose que el material de los cultivos para abono verde fue descompuesto (humus y/o materia orgnica del suelo) produciendo algunos ácidos orgnicos rápidamente. Además, se considera que tuvo en efecto de quelato para aumentar la disponibilidad del P para plantas, e influenció al rendimiento del grano de maíz sobre la disponibilidad del P al igual del N.

**PALABRAS CLAVES:** Abono verde. Avena. Materia orgnica en el suelo. Milheto. Mucuna.

#### EFFECT ABOUT CORN GRAIN YIELD AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL BY INCORPORATION OR REPRESENTATIVE CROPS FOR GREEN MANURE IN A DARL RED LATOSOL (OXISOL) OF BRAZIL

**ABSTRACT:** Five representative crops such as Milhet (*Pennisetum americanum* L.), Avena (*Anena strigosa* Schreb), Sorgo (*Sorghum bicolor* L.), Mucuna (*Mucuna pruriens*) and Sunflower (*Hellanthus annuus* L.) were sowed in the experimental field (2.6 ha) of the Institute of Technical Investigation and Agriculture & Livestock Diffusion of the JATAK, located at municipio of Guatapar-SP in Brazil on 20 of June, 2004. The utilized soil on the experiment was classified such as Dark-Red Latosol (EMBRAPA, 1989). These harvested fresh crops were incorporated on 4 of October in the same year after harvest. In other wise, maize was sowed on 5 of October, 2004, and it was harvested on 26 of March, 2005 with the contrast without incorporation. The utilized variety of maize was PIONEER 30F80 to a density of 38300 plants/ha. It was observed that maize grain yield on the treatment of Mucuna was the highest of the yield in all of the treatments, and the yield was 8.4t/ha. Especially, it is considered that it had the incorporated effect of nitrogen of the legume plant about high obtained yield of maize on the treatment of Mucuna. In fact, it was observed that the N content in Mucuna was the highest of the N in all of the incorporated crops. In other wise, it was observed that the organic matter value in the soil increased on all of the treatments of the incorporated crops. Therefore, it is considered that the material of the crops for green manure was decomposed, producing some organic acids, and became humus and/or organic matter in the soil, quickly. Further, it is considered that

it had the effect of chelate to increase the P availability for plants, and it was influenced to maize grain yield about the P availability as well as the N in the incorporated crops.

**KEYWORDS:** Avena. Green manure. Milhet. Mucuna. Organic matter in the soil.

## 1 INTRODUÇÃO

As culturas para adubação verde são semeadas antes do início da estação seca e ao terminar a estação chuvosa com águas residuais. Não pode ser cultivada sem irrigação na estação seca (maio a outubro) no estado de São Paulo (SP) no Brasil. Aqui as culturas foram semeadas e cultivadas em junho e colhidas e incorporadas no mês de outubro. Depois de incorporá-las, o milho foi semeado nos tratamentos de maneira imediata. Normalmente, não tem uma duração como matéria de cobertura (incorporação ao início da estação seca) em culturas para adubação verde. Por isso, espera-se um efeito como adubação verde para incorporar as culturas ao solo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 CULTIVO DAS ADUBAÇÕES VERDES

Foram semeadas cinco culturas representantes, como Milheto (*Pennisetum americanum* L.), Avena (*Avena strigosa* Schreb), Sorgo (*Sorghum bicolor* L.), Mucuna (*Mucuna pruriens*) e Girassol (*Helianthus annuus* L.) no campo experimental (2.6 ha), do IPTDA da JATAK sem a adubação, localizada na Colônia Nikkei (Mombuca) no Município de Guataparã-SP no Brasil em 20 de junho de 2004.

### 2.2 ANÁLISE DO SOLO INCORPORADO COM ADUBAÇÕES VERDES E CULTIVADO COM MILHO

O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro (Oxissolo) (EMBRAPA, 1989). Na condição antes da adubação e plantação de culturas, realizou-se análise do solo no método descrito por Rajj et al (2001). Para a análise, o autor pediu à Ribersolo Ltda.

### 2.3 INCORPORAÇÃO DAS ADUBAÇÕES VERDES E ANÁLISE DO TECIDO VEGETAL

Incorporaram-se as culturas colhidas frescas em 4 de outubro do mesmo ano, após colhê-las. Antes de incorporá-las, foi medido o rendimento seco para cada cultura. Ao mesmo tempo, tomaram-se as amostras dos solos e as culturas incorporadas como da primeira vez (4 de outubro). Em seguida, tomaram-se as amostras em 18 de outubro e 27 de novembro como segunda e terceira vez, respectivamente. Na análise do tecido

vegetal, utilizou-se o método do analisador CN para determinar o teor de carbono (o autor pediu à Faculdade de Agronomia da Universidade Estadual de São Paulo em Botucatu-SP), o método de Kjeldahl para determinar o teor de nitrogênio.

## 2.4 CULTIVO DO MILHO DEPOIS DE INCORPORAÇÃO DAS ADUBAÇÕES VERDES

Por outro lado, o milho foi semeado sem adubação no dia 5 de outubro de 2004 e foi colhido no dia 26 de março de 2005 com a testemunha sem incorporação. A variedade de milho utilizada foi PIONEER 30F80 com uma densidade de 38300 plantas/ha. A semeadura do milho foi feita em linhas a uma distância de 91cm entre as linhas e 28cm entre as plantas, deixando 2 ou 3 plantas. Finalmente, mediu-se o rendimento de grãos no dia 29 de março de 2005, após a secagem ao ar.

Para medir o rendimento, dividiram-se três sub parcelas em cada tratamento das culturas incorporadas e foram colhidas 10 amostras em cada sub parcela no tratamento aleatoriamente com três repetições para realizar pelo teste de Duncan com 5% de probabilidade, usando o pacote estatístico SAS.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 PROPRIEDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO PARA CULTIVO DE MILHO

A Tabela N°1 mostra a propriedade física e química do solo para o cultivo de milho. Atualmente, observa-se alto teor do P disponível, bases trocáveis no solo assim como o caso anterior. Mostrou-se o solo com adubação elevada no campo com 85.2 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> como CTC. Ademais, o solo é arenoso.

Tabela N°1. Propriedade física e química do solo para o cultivo de milho.

pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M)	H+Al (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Ca (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Mg (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	MO (g/dm <sup>3</sup> )
6.20	14.7	32,7	3.6	41.9	25.0	19.9
Suma por bases (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	CTC (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	V (%)	Areia (g/dm <sup>3</sup> )	Silite (g/dm <sup>3</sup> )	Argila (g/dm <sup>3</sup> )	
70.5	85.2	82.75	670	44	286	

### 3.2 PRODUÇÃO DE CULTURAS SECAS PARA ADUBAÇÕES VERDES

A Tabela N°2 mostra o rendimento da cultura seca para a adubação verde. Observou-se que o rendimento de Milheto foi o mais alto de todas as culturas, seguido pelo rendimento de Sorgo, foi de 5.25 e 3.44 t/ha, respectivamente. Pelo contrário, observou-se menor rendimento seco em Avena e Mucuna, que apresentaram 0.869 e 0.765 t/ha, respectivamente.

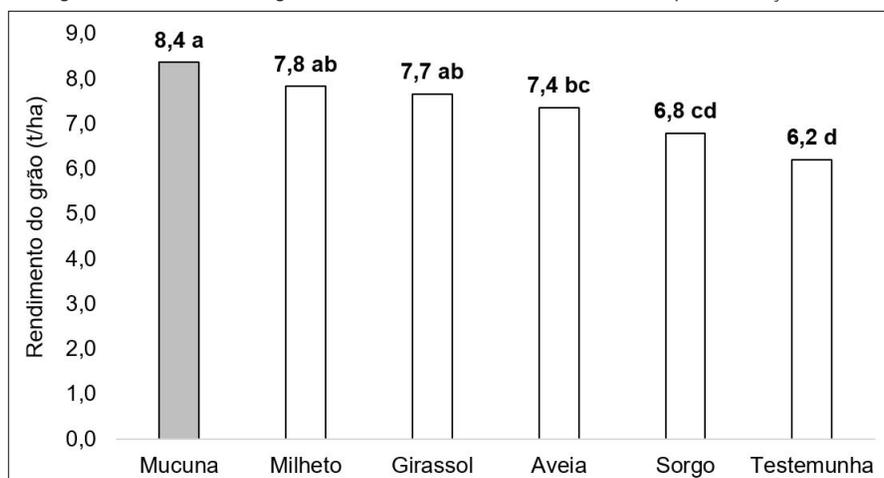
Tabela N°2. Rendimento da cultura seca para a adubação verde.

Culturas para adubação verde	Rendimento fresco (t/ha)	Rendimento seco (t/ha)
Milheto	20.26	5.25
Aveia	1.84	0.869
Sorgo	10.04	3.44
Mucuna	3.10	0.765
Girassol	6.68	1.84

### 3.3 PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHO EM CADA TRATAMENTO DAS CULTIVARES PARA A ADUBAÇÃO VERDE

A Figura N°1 mostra o rendimento de grãos de milho em cada tratamento de as culturas para adubação verde. Observou-se que o rendimento do grão de milho no tratamento da Mucuna foi o mais alto de todos os tratamentos e foi de 8.4 t/ha, seguido do rendimento nos tratamentos Milheto e Girassol que foram de 7.8 e 7.7 t/ha, respectivamente.

Figura N°1. Rendimento de grão de milho em cada tratamento da colheita para adubação verde.



Nota: Meios seguidos pela mesma letra não apresentam diferença significativa estatística no nível de 5% para o teste de Duncan.

Considera-se que a incorporação da planta de leguminosas teve um grande efeito sobre o rendimento obtido de milho no tratamento de Mucuna.

Dentro do tratamento com Milheto e Girassol, não se observou a diferença significativa estatística pelo teste de Duncan de 5%. Pelo contrário, a Testemunha foi o que apresentou menor rendimento em todos os tratamentos. Por outro lado, o efeito incorporado das culturas como adubação verde no experimento é evidenciado.

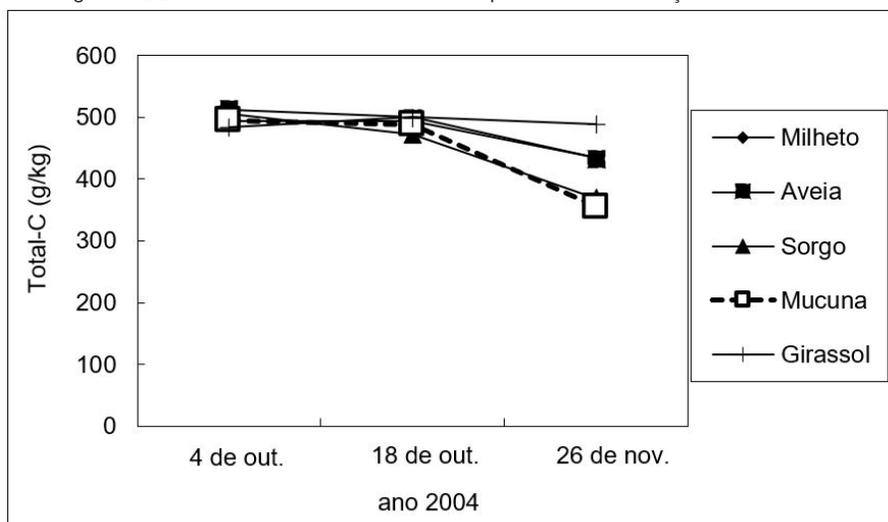
Mas, relativamente, observou-se alta adubação no solo, já que aplicavam muitas adubações químicas por longo prazo. Por isso, observou-se arredor de 6t/ha como o rendimento na Testemunha.

## 4 DINÂMICA DOS MACROS NUTRIENTES NAS CULTURAS INCORPORADAS COMO ADUBAÇÕES VERDES AO SOLO

### 4.1 DINÂMICAS DE TOTAL-C EM CADA TRATAMENTO

A Figura Nº2 mostra a dinâmica do Total-C nas culturas incorporadas como adubações verdes ao solo. A partir dos resultados obtidos, os valores de Sorgo e de Mucuna diminuíram com o tempo. Considera-se que os materiais foram fáceis decompor. Pelo contrário, quase o valor de Girassol não mudou do dia 4 de outubro a 26 de novembro.

Figura Nº2. Dinâmica do Total-C nas culturas incorporadas como adubações verdes ao solo.



### 4.2 DINÂMICAS DE TOTAL-N EM CADA TRATAMENTO

A Figura Nº3 mostra a dinâmica do Total-N nas culturas incorporadas como adubações verdes ao solo. A partir dos resultados obtidos, todos os valores diminuíram com o tempo. Especialmente, o valor de N aumentou do dia 4 a 18 de outubro em Mucuna. Considera-se que a matéria da Mucuna decompôs, rapidamente, e elevou o teor de Total-N na cultura incorporada. Mas, o valor diminuiu em 26 de novembro, levando em conta a decomposição. De qualquer forma, considera-se que influenciou ao rendimento máximo do grão de milho já que o teor de N em Mucuna foi o maior alto teor de N em outras culturas incorporadas.

Figura N°3. Dinâmica do Total-N nas culturas incorporadas como adubações verdes ao solo.

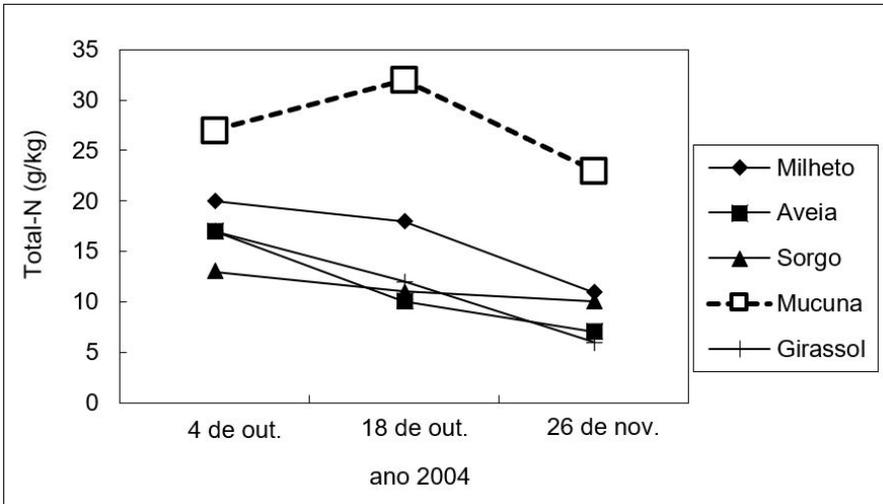
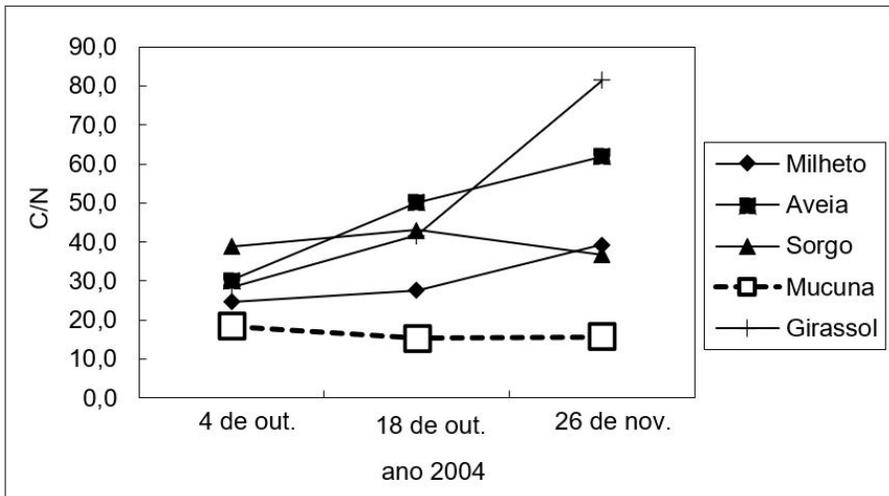


Figura N°4. Dinâmica do C/N nas culturas incorporadas como adubações verdes ao solo.



### 4.3 DINÂMICAS DE C/N EM CADA TRATAMENTO

A Figura N°4 mostra a dinâmica do C/N nas culturas incorporadas como adubações verdes ao solo. A partir dos resultados obtidos, os valores de Girassol, Aveia e Milheto aumentaram com o tempo, mas os valores de Sorgo e Mucuna quase não mudaram do dia 4 de outubro a 26 de novembro. Considera-se que os materiais gramíneos como Aveia e Milheto foram difíceis de decompor em comparação com o material leguminoso, como o Mucuna, mas, pelo contrário, foram fáceis de lixiviar sobre N contido nas culturas incorporadas. Por outro lado, mantiveram-se perto de 17 e 40 em C/N em Mucuna e Sorgo,

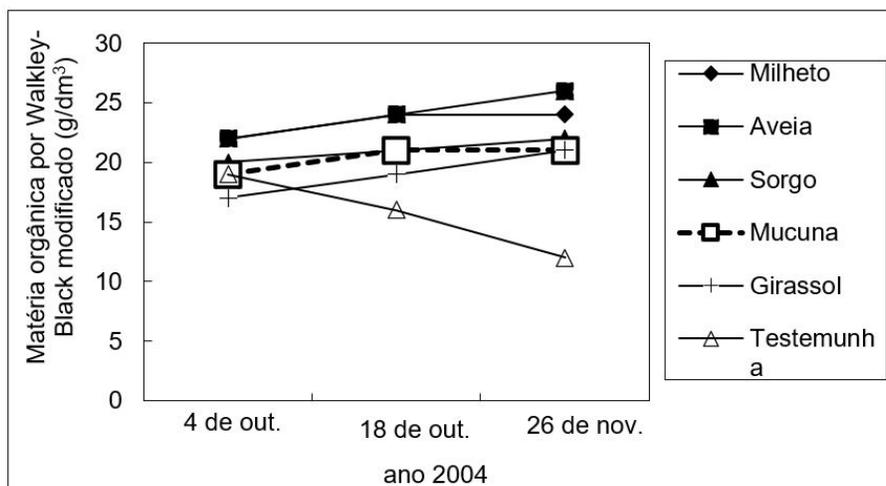
respectivamente. Especialmente, considera-se que não foi adequado como adubação verde no Sorgo da visão do valor do C/N.

## 5 DINÂMICA DE NUTRIENTES NO SOLO POR INCORPORAÇÃO DE CULTURAS PARA ADUBAÇÃO VERDE COM A TESTEMUNHA

### 5.1 DINÂMICA DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO EM CADA TRATAMENTO

A Figura N°5-2-3-20 mostra a dinâmica da matéria orgânica no solo depois de incorporar as culturas para adubação verde com a Testemunha. Observou-se que o valor diminuiu rapidamente com o tempo na Testemunha e que a decomposição da matéria orgânica do solo avançou já que teve alto teor de areia no solo. Por outro lado, o valor aumentou em todos os tratamentos, menos na Testemunha. Por fim, considera-se que o material das culturas para adubação verde foi decomposto rapidamente, produzindo ácido orgânico e húmus e/ou matéria orgânica do solo.

Figura N°5. Dinâmica da Matéria orgânica no solo depois de incorporar as culturas para a adubação verde com a Testemunha.

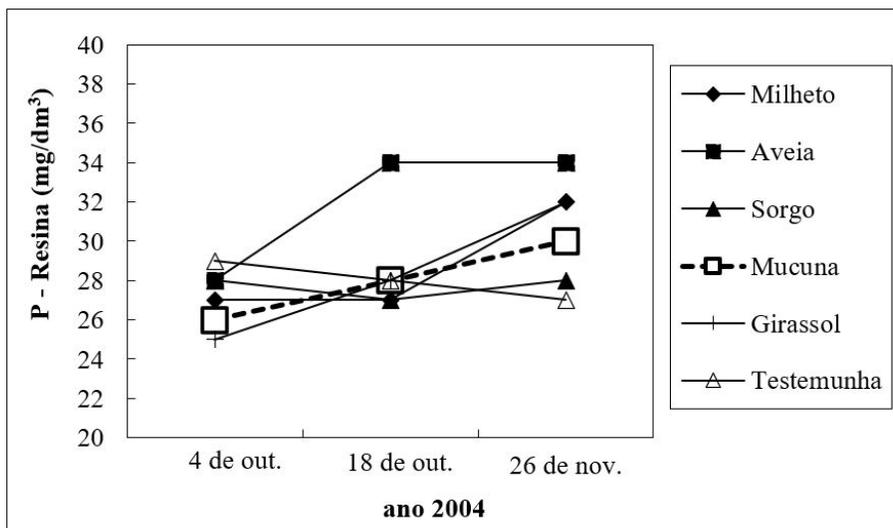


### 5.2 DINÂMICA DE P DISPONÍVEL NO SOLO EM CADA TRATAMENTO

A Figura N°6 mostra a dinâmica de P (Resina) no solo depois de incorporar as culturas para adubação verde com a Testemunha. Observou-se que o valor diminuiu ao longo do tempo na Testemunha assim como a matéria orgânica (ver Figura N°5). Por outro lado, o valor aumentou nos tratamentos de Milheto, Avena, Mucuna e Girassol. Mas, quase não mudou sobre o tratamento do Sorgo. Por isso, considera-se que o material das quatro culturas para adubação verde foi decomposto, produzindo ácido orgânico e teve efeito

de quelato para aumentar a disponibilidade de P para plantas. Além disso, considera-se que influenciou ao rendimento do grão de milho na disponibilidade de P assim como o N.

Figura Nº6. Dinâmica do P (Resina) no solo depois de incorporar as culturas para a adubação verde com a Testemunha.



## 6 CONCLUSÃO

1. No experimento principal, espera-se que Mucuna seja um fertilizante nitrogenado orgânico no cultivo de milho no solo com a adubação elevada.
2. Em seguida, o talo de aveia foi fácil decompor, pelo que se pôde aumentar rapidamente o teor de matéria orgânica do solo. Para outros também.
3. Ao decompor as adubações verdes, pôde-se esperar a produção de algum tipo de ácido orgânico e formar uma substância quelante para aumentar o P disponível no solo.
4. De qualquer forma, é muito importante que incorpore as culturas como adubação verde para recuperar a fertilidade do solo com a adubação elevada para evitar a despesas de insumos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcantara, F., Furtini, A., Paula, M., Mezquita, H., Muñiz, J. 2000. Fertilización verde en la restauración de la fertilidad de un Ferralsol degradado. *Rev. Bras. Invest. Agrop.* 35(2), 277-288.
2. Arias J. A. (2007), Suelos Tropicales. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. pp. 107-109.

3. Balkcom, K., Reeves, D. (2005), Sunn Hemp utilized as a legume cover crop for corn production. *Aurora. J.* 97, 26-31.
4. Cervantes, C. (1993), Introducción de frijol de abono (*Mucuna deeringianum*) en sistemas de cultivo de maíz y frijol en Pérez Zeledón, Costa Rica. *En: IX Congreso Agronómico y de Recursos Naturales.*
5. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPACUARIA-EMBRAPA. (1989), Centro nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro do classificação de solos. Brasília. pp. 421.
6. Raij, B. van., Andrade, J. C., Cantarell, H., Quaggio, J. A. (2001), Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais, Instituto Agronômico, Campinas, SP, Brasil. pp. 285.

# CAPÍTULO 17

## EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* CULTIVADO EN RESIDUOS AGRÍCOLAS TÍPICOS DE LA PROVINCIA BOLÍVAR – ECUADOR

Data de submissão: 14/10/2021

Data de aceite: 26/10/2021

### **María Bernarda Ruilova Cueva**

Doctora en Ciencias de los Alimentos  
Universidad Técnica de Babahoyo  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Babahoyo, Provincia de Los Ríos  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-3750-7385>

### **Omar Martínez Mora**

Doctor en Ciencias de los Alimentos  
Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud  
Universidad Técnica de Machala  
Machala, Provincia El Oro  
Ecuador

### **Fernando Cobos Mora**

Master en Administración de Empresas  
Universidad Técnica de Babahoyo  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Ecuador

**RESUMEN:** En la Provincia Bolívar-Ecuador, cada año se generan grandes cantidades de residuos de las cosechas que en su mayoría son quemados causando un impacto negativo

al ambiente, sin embargo, esta biomasa residual puede emplearse en la agroindustria para la producción de hongos comestibles contribuyendo a disminuir los desechos que son descartados al ambiente. El objetivo de esta investigación fue utilizar la cáscara de frijol, paja de cebada y bagazo de caña de azúcar obtenidos de las cosechas agrícolas de la provincia Bolívar - Ecuador para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Para esto, se diseñaron tres mezclas y se evaluó la productividad en cada tipo de sustrato; Se aplicó un diseño experimental DCA, los indicadores de productividad fueron: tiempo de aparición de primordios, peso del hongo fresco, eficiencia biológica y tasa de producción, determinando además el contenido de proteína del hongo. El mejor tratamiento de la investigación fue T1 conformado por: paja de cebada 50 % + vaina de fréjol 20 % + bagazo de caña de azúcar 20 % + salvado de quinua 8 % y carbonato de calcio 2 %, presentando un promedio de 22 días para el tiempo de aparición de primordios, peso fresco del hongo 493,3 g, una eficiencia biológica (EB) de 116,25 % y contenido de proteína de 22,12 % b h. Se evidenció que estos materiales lignocelulósicos son excelentes sustratos para el cultivo de este tipo de hongos, siendo su uso una alternativa para la obtención de alimentos nutritivos y saludables en cortos periodos de tiempo.

**PALABRAS CLAVE:** Residuos lignocelulósicos. Sustrato. Productividad y eficiencia biológicas.

## EVALUATION OF THE PRODUCTIVITY OF THE MUSHROOM *Pleurotus ostreatus* CULTIVATED IN TYPICAL AGRICULTURAL WASTE OF THE PROVINCE BOLÍVAR - ECUADOR

**ABSTRACT:** In the Bolívar Province-Ecuador, every year large amounts of crop residues are generated that are mostly burned causing a negative impact on the environment, however this residual biomass can be used in the agribusiness for the production of edible mushrooms, helping to reduce the wastes that are discarded into the environment. The objective of this research was to use the bean husk, barley straw and sugarcane bagasse obtained from agricultural crops in the Bolívar province - Ecuador for the cultivation of the *Pleurotus ostreatus* fungus. For this, three mixtures were designed and the productivity in each type of substrate was evaluated; An experimental DCA design was applied, the productivity indicators were: time of appearance of primordia, weight of the fresh fungus, biological efficiency and production rate, also determining the protein content of the fungus. The best treatment of the research was T1 made up of: barley straw 50% + bean pod 20% + sugar cane bagasse 20% + quinoa bran 8% and calcium carbonate 2%, presenting an average of 22 days for the time of appearance of primordia, fresh weight of the fungus 493.3 g, a biological efficiency (BE) of 116.25% and protein content of 22.12% b h. It was shown that these lignocellulosic materials are excellent substrates for the cultivation of this type of fungi, their use being an alternative to obtain nutritious and healthy foods in short periods of time.

**KEYWORDS:** Lignocellulosic residues. Substrate. Productivity and biological efficiency.

### 1 INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en los últimos 20 años, la expansión agrícola ha alcanzado 4900 millones de hectáreas, cifra que va en aumento en respuesta a la creciente demanda de alimentos para una población mundial que según las proyecciones de las Naciones Unidas alcanzará los 9700 millones de personas para el 2050 (FAO, 2020a). Las actividades agrícolas producen grandes cantidades de residuos que en parte son quemados generando emisiones gaseosas contaminantes y afectan en el cambio climático (FAO, 2019). El cultivo de hongos brinda oportunidades para mejorar la sostenibilidad de los pequeños sistemas agrícolas mediante el reciclaje de materia orgánica, al emplear biotecnología microbiana para la bioconversión de desechos agrícolas que pueden usarse como sustrato de cultivo de hongos y luego devolverse a la tierra como fertilizante. Esta tecnología aporta en el mejoramiento de las condiciones de vida de los agricultores al generar ingresos económicos, reduciendo de forma significativa la vulnerabilidad ante la pobreza. Los hongos cultivados no solo proporcionarían seguridad alimentaria, sino también dietas nutritivas (Valdespino, 2020).

El género *Pleurotus* de la clase Basidiomycetes pertenece a un grupo conocido como “hongos blancos de la putrefacción” y produce enzimas tales como celulasa, ligninasa, celobiasa, lacasa y hemicelulasa que les permite degradar la compleja estructura lignina-celulosa-hemicelulosa y tomar los nutrientes especialmente carbono y nitrógeno para su desarrollo (Ruilova *et al.*, 2014; Deepak *et al.*, 2021).

En la provincia Bolívar del Ecuador se generan aproximadamente 3700 toneladas de residuos lignocelulósicos al año, utilizados solamente de forma parcial como forraje y el resto es depositado sobre el campo agrícola para ser quemado o arrojado sin ningún tratamiento, contribuyendo a la contaminación ambiental; por lo que el Ministerio del Ambiente propone el uso y manejo de los residuos de las cosechas para reducir las emisiones gaseosas; surgiendo como una alternativa el aprovechamiento de esta biomasa para la producción de hongos comestibles como el *Pleurotus ostreatus*, con características altamente nutritivas y saludables, de bajo costo y mediante tecnologías no contaminantes (Ruilova *et al.*, 2014).

Durante la pandemia de COVID-19 se han evidenciado cambios en los hábitos de consumo de la población, han tendido a preferir dietas menos nutritivas, menos frescas y más económicas, con un aumento en el consumo de productos no perecibles ultraprocesados, con niveles elevados de azúcares, grasas saturadas, sodio y calorías; (FAO, 2020b). En este periodo se ha puesto de manifiesto que la agricultura es una actividad imprescindible. Esto supone una oportunidad de cambiar y tomar acciones que nos permitan construir una agricultura más moderna, resiliente y respetuosa con el medio ambiente, que provea de alimentos nutritivos y sanos a la población. (FAO, 2020c).

La utilización de hongos como ingredientes alimentarios tiene una larga tradición siendo muy común en los países asiáticos y que se está volviendo cada vez más popular en los países occidentales, principalmente por su alto valor nutricional, ya que presentan grandes cantidades de proteína de buena calidad, entre 19 a 35 % bs y todos los aminoácidos esenciales para la nutrición humana especialmente leucina y lisina por lo que se lo considera como un sustituto de la carne y se preparan un sinnúmero de platillos desde los tradicionales hasta los más exóticos y son utilizadas ampliamente en la industria para la obtención de nuevos productos (Das *et al.*, 2021; Rizzo *et al.*, 2021). Ruilova *et al.*, (2016), prepararon una salchicha tipo Viena con una formulación (carne de res 40 %, hongo 27 % y grasa 8 %), baja en grasa y nitritos, utilizando al *Pleurotus* como sustituto de la carne de cerdo. La adición del hongo no afectó la composición nutricional y calidad del nuevo producto, por el contrario, presentó características beneficiosas en su composición por la presencia de  $\beta$ -glucanos y fibra, adecuadas características texturales, sensoriales, microbiológicas y mayor vida de almacenamiento que la salchicha comercial.

El creciente reconocimiento de los macrohongos como una valiosa fuente de alimento ha resultado en un aumento exponencial de la producción, el comercio y el consumo mundial, como alimentos funcionales representan un paradigma novedoso, debido a su amplio espectro de propiedades nutritivas y farmacológicas. Sus componentes bioactivos se pueden extraer o concentrar como nutraceuticos, y/o una clase diversa de suplementos dietéticos. A los hongos como el *Pleurotus*, entre muchos otros, se les atribuye propiedades antitumorales e inmunomoduladores. Los polisacáridos presentes como los  $\beta$ -glucanos, han tenido éxito a través de ensayos clínicos y se usan como fármacos para tratar cáncer y enfermedades crónicas. Algunos extractos presentan una alta actividad antioxidante y un elevado contenido de compuestos fenólicos y flavonoides, además, poseen propiedades antimicrobianas contra bacterias gram positivas como *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Listeria* y *Escherichia coli*. El estado actual y las perspectivas futuras abren nuevas vías para el estudio de las propiedades bioactivas de las diferentes especies de hongos y su empleo como alimentos funcionales y medicinales (Ruilova *et al.*, 2017; Nath *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020; Mortimer *et al.*, 2021; Martínez-Medina *et al.*, 2021).

Nuestro país cuenta con una variedad de climas en sus regiones, con condiciones adecuadas para el cultivo de hongos comestibles. Ruilova, *et al.*, (2014), utilizaron los rastrojos de maíz, lenteja, bagazo de caña de azúcar, cascarilla de arroz, pajas de cebada y trigo, para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, obteniendo buenos resultados.

En Ecuador aún no existe una cultura de consumo de hongos, no obstante, los problemas de salud como la obesidad, diabetes, cáncer, entre otras, han incrementado la preocupación por una alimentación más saludable por lo que se hace necesario difundir su cultivo y posicionar la importancia de su utilización como un alimento con propiedades nutritivas y funcionales (Ruilova *et al.*, 2017)

En este estudio se analizó la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus*, cultivado en tres tipos de sustratos, suplementados con salvado de quinua.

## 2 METODOLOGÍA

Se recolectaron los residuos: cáscara de frijol, paja de cebada y bagazo de caña de azúcar, provenientes de las cosechas agrícolas de la provincia Bolívar y se almacenaron hasta su utilización.

Se tomaron muestras y realizó una caracterización físico-química de cada uno de los residuos y de las mezclas conformadas, determinando: Contenido de humedad, método gravimétrico 925.10 AOAC (2005); cenizas, método gravimétrico 923.03 AOAC

(2005); nitrógeno (método TOC- 4-110.TN 4110); proteína, método kjeldhal 2001.11 AOAC (2005); fibra cruda, método AOAC (2005) y pH, método potenciométrico AOAC (2005).

## 2.1 CULTIVO DEL HONGO *PLEUROTUS OSTREATUS*

Se utilizó la cepa de *Pleurotus ostreatus* ICFC 768/12, nativa del Ecuador, recolectada por M. Ruilova y se preparó el inóculo a partir de granos de trigo. Los materiales secos fueron picados en un tamaño de 2-5 cm y se sometieron a una previa hidratación en agua por un tiempo aproximado de 8-12 horas, hasta alcanzar una humedad entre 70 a 75 %, se escurrió el exceso de agua sobre una mesa inclinada y luego mezcló con 2 % de carbonato de calcio, logrando los tratamientos que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el estudio.

Tratamiento	Combinaciones
T1	Paja de cebada 50% + Vaina de fréjol 20% + Bagazo de caña de azúcar 20 % + Salvado de quinua 8 % + Carbonato de calcio 2 %
T2	Paja de cebada 20% + Vaina de fréjol 50% + Bagazo de caña de azúcar 18 % + Salvado de quinua 10 % + Carbonato de calcio 2 %
T3	Paja de cebada 20 % + Vaina de fréjol 16 % + Bagazo de caña de azúcar 50% + Salvado de quinua 12 % + Carbonato de Calcio 2 %

Se realizó la esterilización en autoclave a 121 °C por 45 min, el material esterilizado se dejó enfriar sobre una mesa totalmente desinfectada de acero inoxidable hasta una temperatura de alrededor de 25 °C. Se sembraron tres bolsas con cada tratamiento, inoculando el 4 % de semilla de *Pleurotus ostreatus* (bolsa de polietileno transparente de 40 x 60 cm). Se utilizó el método de siembra por capas. Se perforaron las bolsas en forma longitudinal y en el fondo, posteriormente se comprimió el sustrato y amarraron utilizando hilo plástico (piola). Se trasladaron las bolsas al cuarto climatizado e incubaron en oscuridad a una temperatura de 25 °C, se monitoreó diariamente para controlar la temperatura y la humedad relativa (70 %).

Transcurrido el tiempo de incubación, a los sustratos completamente colonizados (coloración blanco algodonosa), se los trasladó al cuarto de fructificación que se encuentra provisto por un sistema de riego por nebulización, luz indirecta y ventilación. Inicialmente se bajó la temperatura de 14 – 16 °C para inducir la fructificación. Se mantuvieron las condiciones de HR, 85-90 %, temperatura entre los 18 y 25 °C, luminosidad de ocho horas y aireación. Es muy importante llevar el control de todos estos parámetros en todo el proceso productivo para obtener una mejor productividad y monitoreo constante para detectar cualquier indicio de contaminación o la presencia de insectos.

Se realizó la cosecha, cuando los carpóforos tomaron una forma plana, utilizando una navaja previamente desinfectada lo más pegado posible al sustrato. La producción correspondió a tres oleadas, la primera fue la más representativa en cuanto al peso del hongo. Los indicadores de productividad fueron: Tiempo de aparición de primordios (TAP), esta variable se evaluó contabilizando el tiempo transcurrido (días) desde la siembra hasta la completa colonización del sustrato (90 %) y el inicio de la fructificación. El Peso del hongo fresco (g) (PHF), se realizó con la ayuda de una balanza digital pesando cada racimo cosechado por tratamiento, contabilizando el total hasta el final de la tercera oleada. Eficiencia biológica (EB), ecuación 1, es una variable importante para determinar el rendimiento de la producción del hongo en los diferentes tratamientos y se calculó mediante la fórmula propuesta por Gaitán, *et al.*, (2009). La tasa de producción (TP) que corresponde a la EB entre el período de producción del hongo.

$$EB = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato seco}} \times 100 \quad (1)$$

Tasa de producción esta variable de determinó bajo la ecuación 2:

$$TP = \frac{\text{Eficiencia biológica}}{\text{Período de producción}} \times 100 \quad (2)$$

Se determinó el contenido de proteína en el hongo cosechado (CPH) y en el sustrato agotado (PSA) y nitrógeno del sustrato agotado (NSA), a partir de muestras tomadas de los sustratos utilizados, mediante los métodos indicados anteriormente.

## 2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la investigación se realizó mediante el software INFOSTAT, Se determinó el ANOVA y aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparación de medias y determinar el mejor tratamiento.

Figura 1. A la izquierda aparición de primordios en las bolsas colonizadas por el micelio del hongo y a la derecha hongo *Pleurotus ostreatus* en crecimiento.



Figura 2. Hongo *Pleurotus ostreatus* en estado de cosecha.



### 3 RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS

La Tabla N° 2, muestra los resultados de los parámetros físicoquímicos de los sustratos utilizados, conformados por la mezcla de los tres residuos que constituyeron los tratamientos: T1, T2 y T3. Se puede observar que la humedad tuvo una variación

del 2,8 % de los tratamientos, entre el rango más alto y el más bajo, el valor más alto para el contenido de cenizas correspondió al T1 y el más bajo al T3, el pH varió muy poco y el contenido de nitrógeno fue ligeramente superior para T1. Todos los materiales lignocelulósicos son ricos en carbono, las mezclas analizadas se encuentran en el rango de 49,78 a 53,27 % y la relación C/N con una variación de 70,12 a 110,56. El salvado de quinua, contiene un alto porcentaje de carbono y nitrógeno.

Tabla 2. Valores promedio del contenido de humedad, cenizas, pH, nitrógeno, carbono y la relación C/N de los sustratos.

Sustrato	Humedad	Cenizas	pH	N	C	C/N)
	(%)	(%)		(%)	(%)	
Mezcla T1	75,5	7,07	6,76	0,67	53,27	79,51
	(4,23)	(1,21)	(1,05)	(0,05)	(4,86)	(5,12)
Mezcla T2	76,1	6,06	6,26	0,50	55,28	110,56
	(3,67)	(0,66)	(1,22)	(0,05)	(4,78)	(6,13)
Mezcla T3	78,1	4,27	6,69	0,71	49,78	70,12
	(5,14)	(0,38)	(0,89)	(0,05)	(4,22)	(5,14)
Salvado de quinua	10,4	2,75	6,67	1,61	48,37	30,04
	(3,15)	(0,99)	(1,03)	(0,05)	(4,13)	(5,12)

Los valores entre ( ) se refieren a la desviación estándar.

### 3.2 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

El análisis de varianza realizado a cada uno de los indicadores de productividad, muestran los valores promedios de cada tratamiento en la Tabla N° 3. En el tratamiento T1, se presentó en el menor tiempo la colonización y aparición de primordios, el mayor peso del hongo cosechado (PHF) en las tres oleadas, así como la más alta EB, con valores promedio de 493,30 g y 116,25 % respectivamente y los más bajos se obtuvieron en T2, con un PHF de 280 g y una EB de 57,78 %. La tasa de producción más alta es para T1, mientras que el contenido de proteína más alto fue para T3.

Para Tukey los análisis de varianza realizadas a cada uno de los indicadores de productividad reflejaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos para: TAP, PHF y EB, mientras que para la TP y CPH, no existieron diferencias significativas.

Tabla 3. Efecto del sustrato utilizado en los parámetros de productividad del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Tratamiento	TAP	PHF	EB	TP	CPH
	(días)	(g)	(%)	(día <sup>-1</sup> )	(%)
Mezcla T1	22,00a	493,30a	116,25a	3,33a	21,27a
	(4,23)	(1,21)	(0,98)	(0,05)	(4,86)
Mezcla T2	30,00c	280,00c	57,78c	1,67a	19,46a
	(3,67)	(0,66)	(1,22)	(0,05)	(4,78)
Mezcla T3	25,67b	323,33b	73,68b	2,00a	22,12a
	(5,14)	(0,38)	(0,89)	(0,05)	(4,22)
CV%	3,02	10,81	11,42	24,74	18,66

**TAP:** tiempo de aparición de primordios; **PHF:** peso del hongo fresco; **EB:** eficiencia biológica; **TP:** tasa de producción; **CPH:** contenido de proteína del hongo.

Los valores entre ( ) se refieren a la desviación estándar, letras diferentes existe diferencia significativa para Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4 DISCUSIÓN

Para un mejor crecimiento del hongo es necesario controlar varios factores en el proceso del cultivo, para que el micelio del hongo colonice el sustrato se requiere una humedad alta, como la obtenida en la presente investigación, que fluctuó entre 75,5 a 78,1 %, valores ligeramente inferiores a los reportados por Mata *et al.*, (2019), El contenido de ceniza depende del tipo de sustrato, así como el pH, en esta investigación se encontraron valores entre 6,26 a 6,76, similares a los reportados por Ruilova *et al.*, (2014), definiéndose como el rango correcto para un buen desarrollo del *Pleurotus*. La relación C/N varió entre 70,12 y 110,56, valores similares a los encontrados por Getahun *et al.*, (2011).

En el rendimiento del cultivo del hongo tiene una alta incidencia la composición del sustrato y el tipo de cepa. Se pueden mezclar los sustratos pobres en nitrógeno con aquellos que tengan una mayor cantidad o a su vez utilizar suplementos para enriquecer los sustratos; el hongo *Pleurotus ostreatus*, coloniza con facilidad todo tipo de sustratos, sin embargo, el rendimiento no puede ser igual. Las variaciones observadas en el tiempo de colonización y aparición de primordios, estaría en relación a la composición química del sustrato como se mencionó anteriormente y a la relación C/N. Boonsong *et al.*, (2016), sugirió que una relación C/N de (22-30,1), favorece la aparición de primordios, sin embargo,

también hay que tomar en cuenta la temperatura. El peso del hongo fresco tiene una relación directa con la eficiencia biológica, que en este caso es superior al 100 % para T1 (116,25 %), no así para los tratamientos T2 y T3, que tuvieron un rendimiento muy bajo. Ríos *et al.*, (2017), reportaron valores de 18,20 % en pulpa de café. Ruilova (2015) encontró un rango de 37-53 en la relación C/N, donde la EB fue más alta (178,37 %). Getahun (2011), encontró para los rastrojos de maíz y soya, 71,6 y 80,74 %, respectivamente, en los dos casos los valores son inferiores a los reportados en esta investigación. Se estima que los mayores valores de proteína lo proveen los sustratos que además de ser una fuente importante de carbono lo son de nitrógeno, aunque afirman algunos autores que el hongo fija nitrógeno atmosférico (Khan *et al.*, 2012). Getahun (2011), encontró 28,9 % de proteína en el hongo cultivado en rastrojo de soya.

## 5 CONCLUSIONES

En este estudio se encontró que el hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en el sustrato conformado en su mayoría por paja de cebada y suplementado por el 8 % de salvado de quinua, fue el que dio mejores resultados en relación a la productividad y en el contenido de proteína a pesar que el valor para T3 es aparentemente superior, estadísticamente son iguales, por cuanto no existen diferencias significativas para ( $p \leq 0,05$ ).

Los materiales lignocelulósicos estudiados son excelentes sustratos para el cultivo de este tipo de hongos, siendo su uso una alternativa para la obtención de alimentos nutritivos y saludables en cortos periodos de tiempo, al mismo tiempo que se aprovechan estos desechos agrícolas que de otra forma serían descartados por los productores afectando al ambiente.

La implementación de esta tecnología contribuye a la seguridad alimentaria y a mejorar la economía de las familias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. (2005). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 18<sup>th</sup> ed. Washington D. C.

Boonsong S., Klaypradit W. & Wilaipun P., (2016) Antioxidant activities of extracts from five edible mushrooms using different extractants. *Agriculture and Natural Resources*, 50 (2), 89-97.

Das, A., Nanda, P., Dandapat, P., Bandyopadhyay, S., Gullón, P., Sivaraman, G., McClements, D., Gullón, B. & Lorenzo, J. (2021) Edible Mushrooms as Functional Ingredients for Development of Healthier and More Sustainable Muscle Foods: A Flexitarian Approach. *Molecules* 2021, 26, 2463.

Deepak K., Ashutosh K., Uma C., Touseef H. & Sanjay K. (2021) 11 - Modern era of microbial biotechnology: opportunities and future prospects, Editor(s): Manoj Kumar Solanki, Prem Lal Kashyap, Rizwan Ali Ansari, Baby Kumari, *Microbiomes and Plant Health*, Academic Press. 317-343.

- FAO (2019). (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación, Roma 97-118
- FAO (2020a). El Estado de los Bosques del Mundo. Los Bosques, La Biodiversidad y las Personas. Roma 1-197.
- FAO (2020b) Sistemas alimentarios y COVID-19 en América Latina y el Caribe: Hábitos de consumo de alimentos y malnutrición. Boletín N° 10.
- FAO (2020c) Sistemas alimentarios y COVID-19 en América Latina y el Caribe: Reconstrucción con transformación: un balance de medio término. Boletín N° 17.
- Gaitán-Hernández R., Salmones D., Pérez R. & Mata G. (2009). Evaluación de la eficiencia biológica de cepa de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada. Rev Mex. Mic. 30: 63-71.
- Getahun, A. (2011). Successful Oyster (*Pleurotus ostreatus*) Mushroom Cultivation substrates Performance, Yield, Quality and efficiency of Mushroom Production. VDM Verlag Dr. Müller. Gagazet Media.
- Khan M. & Tania M. (2012). Nutritional and Medicinal Importance of Pleurotus Mushrooms: An Overview. Food Rev Intern; 28:313-329.
- Mata G., Pérez-Torres J., Medel R., Pérez-Merlo R. & Salmones D. (2019) Culture of *Pleurotus ostreatus* in pine shavings: isolation of strains and evaluation of their productivity. Madera y Bosques, 25 (2) 2521715.
- Martínez-Medina G., Chávez-González M., Kumar D., Prado-Barragán A., Martínez-Hernández J., Flores-Gallegos A., Thakur M., Srivastav P. & Aguilar C. (2021) Bio-funcional components in mushrooms, a health opportunity: Ergothionine and huitlacoche as recent trends. Journal of Functional Foods. (77) 104326.
- Mortimer P., Boa E., Hyde K. & Li H., (2021) Macrofungi as Food, Editor(s): Ó. Zaragoza, A. Casadevall. Encyclopedia of Mycology, Elsevier. 405-417.
- Nath G., Maity P., Choudhuri I., Bhattacharyya N., Acharya K., Dalai S., & Mondal S. (2019) Structural studies of a water insoluble  $\beta$ -glucan from *Pleurotus djamor* and its cytotoxic effect against PA1, ovarian carcinoma cells. Carbohydrate Polymers. (222) 114990.
- Rizzo G., Goggi S., Giampieri F. & Baroni L., (2021), A review of mushrooms in human nutrition and health, Trends in Food Science & Technology, 4 January.
- Ruilova, Ma. & Hernández, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Rev. ICIDCA, La Habana, Cuba. 54-59 pp.
- Ruilova, M., (2015). Evaluación de mezclas de residuos lignocelulósicos estandarizadas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su empleo en un producto cárnico saludable, Tesis doctoral, Universidad de La Habana, Cuba.
- Ruilova M., Hernández A., Díaz R. & Niño-Ruiz Z. (2016) Desarrollo de una formulación de salchicha saludable empleando al hongo *pleurotus ostreatus* como sustituto de la carne de cerdo. Revista de Investigación Talentos III. (1) 36-4.
- Ruilova, Ma.; Hernández, A. & Niño, Z. (2017). Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures. Rev. Uncuyo, vol 49(2), 331-334pp.

Sánchez, J. & Mata, G. (2012). Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica, LIMUSA, México. pp: 145-154.

Valdespino F. (2020) Aprovechamiento sostenible de hongos comestibles; hacia una seguridad alimentaria. Meio Ambiente (Brasil), 2 (5): 045-055.

Zhang B., Li Y., Zhang F., Linhardt R., Zeng G. & Zhang A., (2020), Extraction, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Pleurotus eryngii*: A review. International Journal of Biological Macromolecules. (150) 1342-1347.

# CAPÍTULO 18

## OBTENCIÓN DE HARINA NO CONVENCIONAL A PARTIR DEL EXOCARPO DE LA NARANJA VALENCIA (*Citrus x sinensis*) Y BAGAZO DE PIÑA CRIOLLA (*Ananas comosus*) PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA PASTELERA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

Data de submissão: 06/09/2021

Data de aceite: 21/09/2021

**Héctor Julio Paz Díaz**

Ingeniero Agroindustrial  
Esp. Gerencia en seguridad  
Riesgos Laborales y Salud en el trabajo  
Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial  
Km 14 vía Bucaramanga  
Campus Universitario Santa Lucia  
Barrancabermeja, Santander, Colombia  
hector.paz@unipaz.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0002-3278-7667>

**Luz Elena Ramírez Gómez**

Ingeniera Agroindustrial  
Mg. Gerencia de programas sanitarios en  
Inocuidad de alimentos  
Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial  
Km 14 vía Bucaramanga  
Campus Universitario Santa Lucia  
Barrancabermeja, Santander, Colombia  
luz.ramirez@unipaz.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0002-5386-1256>

**Leidy Andrea Carreño Castaño**

Ingeniera Agroindustrial  
Esp. En Gerencia en Salud Ocupacional  
Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial  
Km 14 vía Bucaramanga  
Campus Universitario Santa Lucia  
Barrancabermeja, Santander, Colombia  
leydi.carreno@unipaz.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0002-4374-5235>

**Mónica María Pacheco Valderrama**

Ingeniera de Alimentos  
M.Sc. Ciencia y Tecnología de Alimentos  
cPh.D. en Gestión  
Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial  
Km 14 vía Bucaramanga  
Campus Universitario Santa Lucia  
Barrancabermeja, Santander, Colombia  
monica.pacheco@unipaz.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0003-2051-4589>

**Sandra Milena Montesino**

Ingeniera Agroindustrial  
Esp. En Gerencia en Salud Ocupacional  
Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial  
Km 14 vía Bucaramanga  
Campus Universitario Santa Lucia  
Barrancabermeja, Santander, Colombia  
sandra.montesino@unipaz.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0002-3437-6976>

**Cristian Giovanni Palencia Blanco**

Ingeniero Químico  
M.Sc. en Ingeniería Química  
Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial  
Km 14 vía Bucaramanga  
Campus Universitario Santa Lucia  
Barrancabermeja, Santander, Colombia  
Cristian.palencia@unipaz.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0001-9912-1061>

**Karen Lorena Bedoya Chavarro**

Ingeniera Agroindustrial  
Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial  
Km 14 vía Bucaramanga  
Campus Universitario Santa Lucia  
Barrancabermeja, Santander, Colombia  
Karen.bedoya.ing@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-6376-1216>

**Daniel Francisco Mantilla Mancipe**

Ingeniero Agroindustrial  
Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial  
Km 14 vía Bucaramanga  
Campus Universitario Santa Lucia  
Barrancabermeja, Santander, Colombia  
daniel\_182530@hotmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-9458-6633>

**RESUMEN:** Se desarrolló una metodología para la obtención de harina a partir del uso del exocarpo de la naranja valencia (*Citrus x sinensis*) y bagazo de piña criolla (*Ananas comosus*). Se encontró que las temperaturas óptimas en el proceso de secado fueron de 60°C para las cáscaras de naranja y 35°C para el bagazo de piña con tiempo aproximado de 3.4 horas. Adicionalmente, se presentó una metodología para la elaboración de galletas a partir de la harina obtenida, junto con la determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de la harina Pinafrut. Con este proceso se demostró que la producción de harinas de fuentes no convencionales es viable como agregado para la elaboración de productos de pastelería, pues cumplen con las condiciones de calidad establecidas en la NTC 267, NTC 5986 y la resolución 5109 de 2005.

**PALABRAS CLAVE:** Naranja valencia. Bagazo de piña. Exocarpo. Harina. Pastelería.

## NON-CONVENTIONAL FLOUR OBTAINED FROM THE EXOCARP OF VALENCIA ORANGE (*Citrus x sinensis*) AND CREOLE PINEAPPLE BAGASSE (*Ananas comosus*) FOR APPLICATION IN THE PASTRY INDUSTRY IN THE DEPARTMENT OF SANTANDER

**ABSTRACT:** A methodology was developed to obtain flour from the use of the valence orange exocarp (*Citrus x sinensis*) and creole pineapple bagasse (*Ananas comosus*). It was found that the optimal temperatures in the drying process were 60°C for orange peels and 35°C for pineapple bagasse with approximate time of 3.4 hours. In addition, a methodology was presented for the elaboration of biscuits from the flour obtained, along with the determination of the physical and microbiological quality of the Pinafruit flour. This process demonstrated that the production of flours from non-conventional sources is viable as an aggregate to produce pastry products, as they meet the quality conditions established in NTC 267, NTC 5986 and resolution 5109 of 2005.

**KEYWORDS:** Valence orange. Pineapple bagasse. Exocarp. Flour. Pastry.

### 1 INTRODUCCIÓN

El departamento de Santander ubicado en la zona nororiental de Colombia se ha caracterizado por ser potencia frutícola, siendo Lebrija (municipio de Santander) uno de los ejes de cultivo de frutas y verduras más importantes, a tal punto que se produce en este municipio el 74% de las frutas cítricas y el 40% de las hortalizas que se cosechan en todo el departamento de Santander, Colombia. Entre los frutos más representativos de la zona se encuentra la naranja valencia y la piña criolla, razón por la cual el aprovechamiento de los residuos, específicamente de las cáscaras (exocarpo) de naranja y bagazo de piña, son indispensables para disminuir el impacto ambiental que esto genera.

En la actualidad el alto desarrollo de la industria ha llevado a la generación de residuos que demanda constantemente una alta inversión humano-económica para la implementación y mejoramiento de técnicas y métodos para el aprovechamiento de estos. Sobre todo, porque para muchas de estas industrias, los residuos no representan el valor principal de la transformación, aun cuando puede llegar a ser la materia prima para otro producto (7). No obstante, el principal problema es que la mayoría de las industrias generadoras de residuos orgánicos, especialmente las industrias de alimentos no tienen establecido algún plan para el control de estos residuos, debido al alto costo que esto genera (8).

Ahora con respecto al tema de los cereales, la creciente demanda de estos especialmente en los países en desarrollo ha generado cierta preocupación (1). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación – FAO mencionan que se espera una creciente demanda de cereales en países en vía de desarrollo, debido a que estos países no han aumentado la producción de cultivo de estos, razón por la cual ha obligado a los gobiernos de estos países tengan que ser más dependientes de las importaciones (1). Desde la perspectiva anterior, se debe tener en cuenta que las harinas

hacen parte del grupo de cereales secundarios, los cuales se conciben como un grupo alternativo en potencia de complemento y hasta de reemplazo del trigo y arroz, como base de consumo en la dieta diaria que hasta la fecha no se tiene potenciado por la industria mundial en general (4).

Teniendo en cuenta que la naranja valencia y la piña criolla hacen parte del grupo de frutas cítricas que comúnmente se cultiva en todos los lugares del país, siendo precisamente las frutas cítricas de mayor abundancia (nuevo), en esta investigación se pretendió obtener una harina como alimento alternativo a partir del exocarpo de la naranja y la piña para una comercialización posterior a mercados pasteleros, de alimentos o afines.

## 2 METODOLOGÍA

**Fase 1:** Establecimiento de las temperaturas de secado óptimas para el pretratamiento de la muestra en la posible obtención de la harina. Para llevar a cabo esta fase se tomaron dos criterios:

- Según literatura
- Según criterio propio

Una vez se tomaron los registros de temperaturas en función del peso y el tiempo de las muestras analizadas, se realizó la gráfica donde se identificó el comportamiento y se determinó la humedad de la muestra.

**Fase 2:** Metodología para la elaboración de galletas con la harina obtenida. El proceso de elaboración de las galletas lleva la siguiente metodología:

- Preparación de suministros
- Dosificación de ingredientes
- Mezclado y amasado
- Modelado
- Horneado
- Enfriado
- Almacenamiento

**Fase 3:** Caracterización de la harina fisicoquímica y microbiológicamente siguiendo las siguientes normas técnicas:

- **NTC 267.** Norma Técnica Colombiana para Harinas
- **NTC 529.** Norma Técnica Colombiana para determinación del contenido de humedad
- **NTC 668.** Norma Técnica Colombiana. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda

- **NTC 282.** Industrias alimentarias. Harina de trigo. Métodos de ensayo

**Para las microbiológicas se analizaron:**

- Mesófilos
- Coliformes totales y fecales
- Hongos y levaduras
- Estafilococo coagulasa positiva

**Fase 4:** Diseño del empaque más conveniente para la conservación de la harina acompañado de su rotulado o etiqueta según legislación alimentaria en Colombia. Se revisó el empaque escogido que corresponde a polipropileno de baja densidad para la conservación de la harina obtenida teniendo en cuenta que se conserven características sensoriales como: color, olor, sabor. Se diseñó la etiqueta teniendo en cuenta la resolución 5109 de 2005.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 PRETRATAMIENTO Y SECADO DE LA BIOMASA

Antes de comenzar con la etapa de secado, se realizó una limpieza a la biomasa en la cual se lavaron 611 gramos de cáscara de naranja valencia y 339 gramos de bagazo de piña con agua a temperatura de ebullición (100°C), con el fin de remover material particulado y eliminar la mayor cantidad de microorganismos posibles como se muestra en la figura 1a y 2a. Posteriormente, para facilitar la etapa de secado se cortaron las cáscaras en láminas y se extendieron en placas metálicas en el horno de bandejas como se observa en las figuras 1b y 2b. La biomasa se pesó antes de ingresar y después de salir de la etapa de secado para calcular el contenido de humedad eliminado debido al calentamiento bajo condiciones normalizadas.

Figura 1. Limpieza y desinfección de exocarpo de naranja valencia.



a) Limpieza de la cáscara de naranja valencia.

b) Corte en láminas de cáscara de naranja valencia.

Fuente: Autores.

Figura 2. Preparación de bagazo de piña para secado.



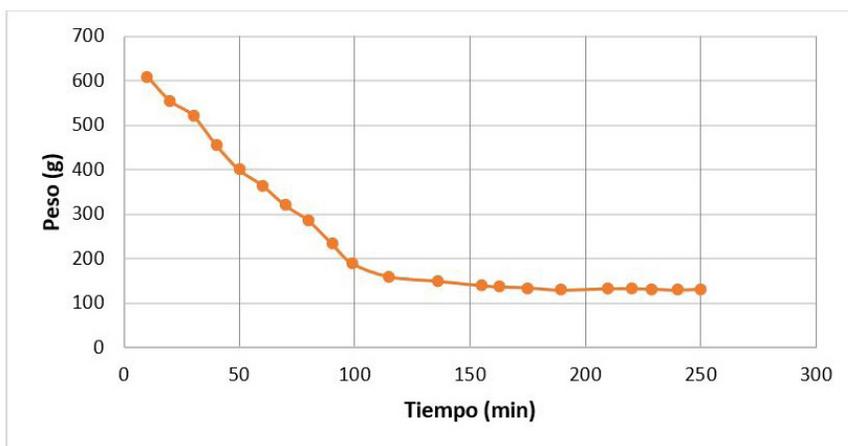
a) Limpieza de la cáscara de bagazo de piña.

b) Distribución en bandejas para el secado.

Fuente: Autores.

Se encontró que la temperatura óptima de secado para la cáscara de naranja era de 60°C. En la figura 3 se muestra la gráfica del peso en función del tiempo de la cáscara de naranja donde se observa que luego de 200 minutos (3.4 horas), se genera un equilibrio de secado, dejando como resultado 135 gramos de cáscara de naranja sin humedad. Después de tener los pesos iniciales y finales, se calculó el porcentaje de humedad removido de la cáscara de naranja teniendo en cuenta la ecuación 1.

Figura 3. Gráfica del peso de cáscara de naranja en función del tiempo en el proceso de secado.



Fuente: autores.

Donde el porcentaje de humedad para la cáscara de naranja valencia sería

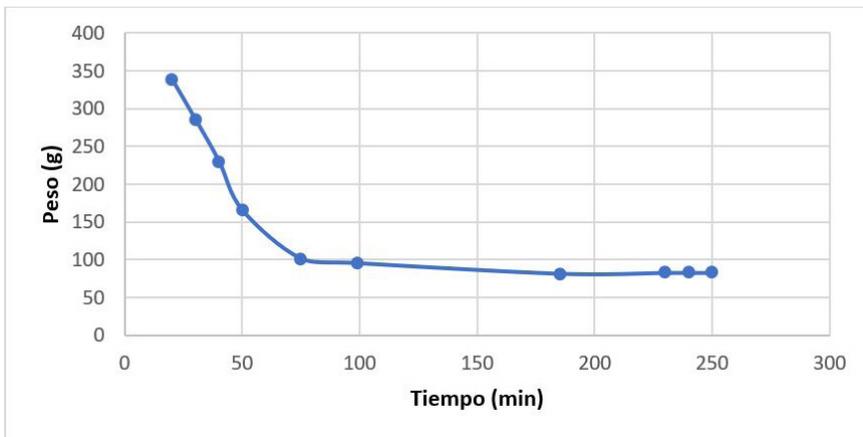
$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{(\text{masa cáscara fresca}) - (\text{masa obtenida})}{(\text{masa cáscara fresca})} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Entonces:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{(611 \text{ gramos}) - (135 \text{ gramos})}{611 \text{ gramos}} * 100 = 77.9\%$$

Según el cálculo obtenido, se logró eliminar el 77.9% en peso de humedad correspondientes a 476 gramos en 3.4 horas de la cáscara de naranja valencia. Con respecto al bagazo de piña, se encontró que la temperatura óptima de secado de era de 35 °C. En la figura 4 se muestra la gráfica del peso en función del tiempo en donde se observa que después de 200 minutos, (3.4 horas), se forma el equilibrio en el secado dejando como resultado 80 gramos de bagazo de piña sin humedad. Después de tener los pesos iniciales y finales, se calculó el porcentaje de humedad removido de la cáscara de naranja teniendo en cuenta la ecuación 1.

Figura 4. Gráfica del peso de bagazo de piña función del tiempo en el proceso de secado.



Fuente: autores.

Entonces:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{(339 \text{ gramos}) - (80 \text{ gramos})}{339 \text{ gramos}} * 100 = 76.4\%$$

Según el cálculo obtenido, se logró eliminar el 76.4% en peso de humedad correspondientes a 259 gramos en 3.4 horas del bagazo de piña. Posteriormente, los productos secados se sometieron a un proceso de molienda el cual se llevó a cabo en dos fases; la primera comprendió la premolienda en licuadora marca Oster® en donde

se obtuvieron partículas semigruesas como se observa en la figura 5 y la segunda molienda en un molino Corona® reduciendo el diámetro de partícula a 100 micrómetros y obteniendo una harina de consistencia fina y color homogéneo como se muestra en la figura 6.

Figura 5. Molienda de biomasa para la obtención de harina.



a) Proceso de licuado para la primera etapa de molienda.

b) Resultado de molienda en licuadora de la harina a partir de los residuos orgánicos.

Fuente: autores.

Figura 6. Molienda de la harina a partir de cáscara de naranja valencia y bagazo de piña.



Fuente: autores.

Cabe resaltar que de acuerdo con lo señalado por Campos y Aguilar<sup>1</sup> los gránulos pequeños de harina pueden ser hidrolizados más rápidamente que los gránulos grandes, pero el tiempo de molienda no puede ser amplio, debido a que la harina podría presentar contaminación del sustrato. Es por esto que, el tiempo de molienda debe ser suficiente para garantizar una partícula uniforme sin alterar las fibras. Dado lo anterior, se determinó la temperatura de secado de la mezcla de harina procedente de naranja

<sup>1</sup> CARIÁS, Julio Javier. Elaboración de una harina de cáscara de piña para su aplicación en una harina alta en fibra con su respectiva evaluación nutricional y organoléptica. Universidad de San Carlos Guatemala. 2015.

valencia y bagazo de piña, cuyo resultado fue de 65 grados Celsius. En la tabla 1 se compilan los resultados generales de las temperaturas de secado para la obtención de harina (la harina obtenida recibió el nombre de harina pinafruit, nombre de la empresa donde se obtuvo la materia prima).

Tabla 1. Valores de temperatura de secado

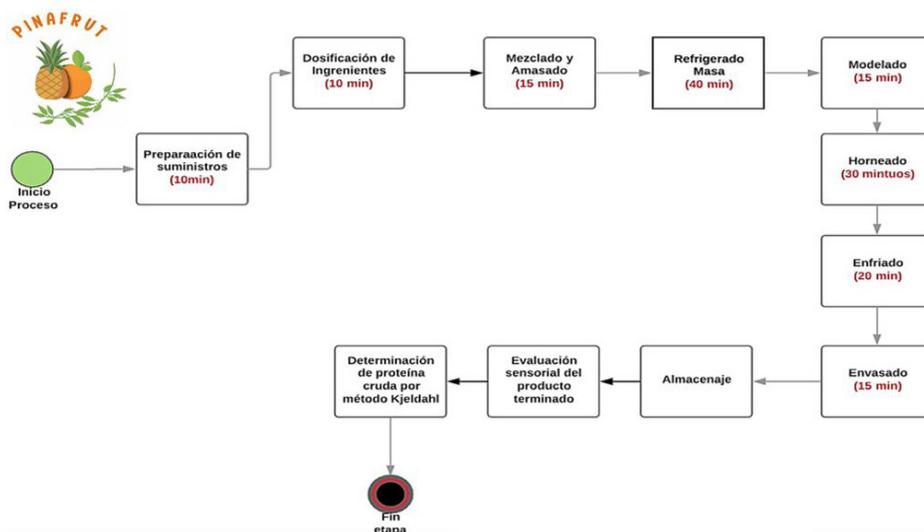
Muestra	Peso Pre-secado	Peso Pos-secado	Temperatura de Secado	Tiempo de Secado	Porcentaje de Humedad	Temperatura de Secado Total	Peso Total Obtención Harina
Cáscara de Naranja	611 gramos	135 gramos	60°C	3.4 horas	77.9%	65°	215 gramos
Bagazo de Piña	339 gramos	80 gramos	35°C		76.4%		

Fuente: autores

### 3.2 ELABORACIÓN DE GALLETAS A PARTIR DE HARINA OBTENIDA

En el siguiente diagrama de procesos mostrado en la figura 7, se describe los pasos para la elaboración de galletas a partir de la harina obtenida.

Figura 7. Diagrama de procesos para la elaboración de galletas.



Fuente: autores.

#### 3.2.1 Preparación de Suministros:

Previo al proceso de transformación, se identificaron los ingredientes que se utilizaron para la elaboración de las galletas. Los ingredientes utilizados fueron huevos,

harina de trigo convencional, azúcar, mantequilla y harina pinafrut. Todos estos ingredientes se mezclaron en un recipiente según la cantidad necesaria para la formulación como se muestra en la figura 8 y figura 9. Para el caso de la relación de la harina Pinafrut como agregado para la preparación de las galletas, se requirió de 225 gramos de harina tradicional y 20 gramos de Pinafrut, lo cual indicaría una relación de 11:1, por cada 11 partes de harina convencional se requieren una parte de pinafrut.

Figura 8. Suministros para la elaboración de galletas a escala planta piloto.



Fuente: autores.

Figura 9. Incorporación de ingredientes para mezcla.



Fuente: Autores.

### 3.2.2 Dosificación de Ingredientes:

Esta etapa aportó en gran proporción a las características sensoriales del producto final, es decir, dependiendo de la dosificación de los ingredientes se debía tener en cuenta las cantidades exactas de aditivos, para evitar riesgos y cumplir con los puntos de control.

### 3.2.3 Mezclado y amasado:

Los ingredientes deben mezclarse entre sí para obtener una masa homogénea como se observa en la figura 10. En esta parte se requirió obtener una masa elástica extensible bien oxigenada, que no tuviera roturas o grumos de ingredientes separados. Una vez se homogenizó la mezcla, se sometió a refrigeración de 4°C por aproximadamente 40 minutos (figura 11).

Figura 10. Incorporación y mezcla de ingredientes para galletas.



Fuente: autores.

Figura 11. Refrigeración de masa para galletas.



Fuente: autores.

### 3.2.4 Modelado:

La masa fue moldeada para que tuviera la forma requerida como muestra la figura 12. La masa se extendió en un papel mantequilla, y después se llevó a un horno por 15 minutos a 180°C.

Figura 12. Moldeado de la masa para galletas.



Fuente: autores.

### 3.2.5 Horneado:

En esta etapa de cocción del producto, suceden diversos efectos sobre la masa como se observa en la figura 13. Por un lado, se aumenta la digestibilidad de la mezcla, se modifican las características organolépticas y, además, se incrementa la estabilidad del producto dado que se aumenta la posibilidad de eliminar microorganismos por acción de altas temperaturas. Asimismo, en esta etapa de cocción, suceden diversas reacciones como la desnaturalización total o parcial de las proteínas, la gelatinización del almidón y la migración de la amilosa de los gránulos de almidón en donde estos pierden su estructura cristalina. Cabe resaltar que las temperaturas superiores a 100°C, permite la inactivación de las formas vegetativas de la mayoría de los microorganismos.

Figura 13. Galletas horneadas.



Fuente: autores.

### 3.2.6 Enfriado:

Una vez el proceso de horneado ha finalizado, el producto debe ser enfriado en una estación seca para evitar que la humedad penetre en la galleta y evitar la formación de mohos y microorganismos patógenos. De esta manera las galletas se pueden empaquetar cuando alcanzan una temperatura de 30°C o inferior.

### 3.2.7 Almacenaje:

Esta etapa comprende las operaciones encaminadas a la protección permanente de las galletas, de las agresiones externas a la que están sometidas los alimentos.

### 3.2.8 Evaluación sensorial del producto terminado:

La valoración sensorial permite a una persona, consciente o inconscientemente, aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos. Por tal razón, la necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor obliga a que, de una forma u otra se intente conocer cuál será el juicio crítico del consumidor en la valoración sensorial que realizará del producto alimentario. Es importante que el evaluador disponga de sistemas y herramientas que le permitan conocer y valorar las cualidades organolépticas del producto que evalúa, y la repercusión que los posibles cambios en su elaboración o en los ingredientes puedan tener en las cualidades finales. Para tal fin, se propuso una valoración de prueba de aceptación a partir de una escala hedónica, utilizada para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado. Al plantear la prueba hedónica se tuvo en cuenta una serie de aspectos importantes:

- Precisar de forma inequívoca la naturaleza de la cuestión a resolver y analizar el comportamiento.
- Utilizar sólo grupos bien definidos de sujetos no entrenados.
- Plantear preguntas hedónicas sencillas o pedir comparaciones fáciles.

## 3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA HARINA PINAFRUT

En primer lugar, se determinó la calidad microbiológica de la harina Pinafruit, resultados que se observan en la tabla 2, soportada por evaluación directa del laboratorio Labalime, mientras que en la tabla 3 se detallan los resultados de la prueba microbiológica.

Tabla 2. Resultados de calidad microbiológica para la harina Pinafrut.

PARAMETRO	RESULTADO	LIM INFE.	LIM SUPE.	UNIDAD	TECNICA
Rcto microorganismo mesófilos	800	Menos de 10	Sin límites establec	ufc/g	Rcto en placa P.coun
Coliformes totales	Menos de 10	Menos de 10	Sin límites establec	ufc/g	Rcto en placa chromo
Coliformes fecales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	ufc/g	Rcto en placa chromo
Mohos y levaduras	550	Menos de 10	Sin límites establec	ufc/g	Rcto en placa R. Ben
Estafilococo coagulasa positivo	Menos de 100	Menor de 100	Menor de 100	ufc/g	Rcto en placa B.Parker

Fuente: Laboratorio Labalime.

En lo que refiere a los resultados de la calidad microbiológica de la tabla 2, se evidencia que hay ausencia de coliformes fecales y hay un resultado de menos de 10ufc/g, lo que significa que la manipulación y las condiciones higiénicas de la obtención de harina es favorable según la NTC 5986, pues está entre los rangos permitidos para consumo humano. De igual manera, el conteo de mohos y levaduras también está en el rango permitido, porque la norma indica que el índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad es de  $10^2$  y  $10^3$ .

Otro de los aspectos positivos en la calidad microbiana es el número de mesófilos y estafilococo, dado que son de 800 y menos de 100 respectivamente.

Tabla 3. Resultados bromatológicos.

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	TÉCNICA
Humedad	7,33	%	NTC 529
Proteína	7,72	%	NTC 267
Grasa	2,32	%	NTC 668
Fibra	13,78	%	NTC 668
Cenizas	3,64	%	NTC 282
Carbohidratos	65,21	%	CÁLCULO
Valor calórico	313	Kcal/100g	CÁLCULO

Fuente: Laboratorio Labalime.

De acuerdo con el análisis de resultados, se puede observar que el porcentaje de humedad de la harina pinafrut fue de 7.33% lo cual es un buen parámetro, pues según lo expresado por Campos y Aguilar<sup>2</sup>, si el porcentaje de humedad supera el 12% favorece el crecimiento microbiano. Por otro lado, se observa un alto contenido de fibra dietaria con un 13.76% en comparación con harinas comerciales que se encuentran en el mercado con porcentajes de fibra en un 5% aproximadamente.

<sup>2</sup> CAMPOS, Lizeth. AGUILAR, Orlando. Estudio de la molienda como tratamiento de harina de yuca integral para uso en el proceso de obtención de jarabes de glucosa. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2014.

En lo que tiene que valor con el valor obtenido del control fisicoquímico sobre las cenizas, Pinafrut presentó un 3.64% de cenizas como se muestra en la tabla 3, siendo el registro más débil en lo que refiere a la calidad de la harina, pues estudios como el Pérez<sup>3</sup>, señalan que la presencia de cenizas con un porcentaje mayor al 2% reduce la calidad de la harina y el rendimiento para la elaboración de productos de panadería o pastelería. Además, estos rangos están considerados en la NTC 267, en la que se indica que el contenido de cenizas en fracción de masa en base seca debe ser máximo de 1%.

Por otra parte, se observa que en la tabla 3 el porcentaje de proteína fue de 7.72%, lo que demuestra que se trata de un tipo de proteína sin gluten, pues las harinas de trigo que son las harinas más comunes con gluten normalmente registran un porcentaje de proteína entre 12 a 13.5%<sup>4</sup>. Finalmente el porcentaje de carbohidrato que fue de 65.21% y de grasa que fue de 2.32% mostrando que la harina Pinafrut es una buena fuente energética por el alto contenido de carbohidratos, y a su vez baja en porcentaje de grasa.

#### 4 CONCLUSIONES

Se obtuvo una metodología para la obtención de harina a partir del uso del exocarpo de la naranja valencia (*Citrus x sinensis*) y bagazo de piña criolla (*Ananas comosus*) provenientes de la empresa NeoFrut, cuyo proceso de secado registró unas temperaturas óptimas de 60°C para las cáscaras de naranja y 35°C para el bagazo de piña. De igual manera, la temperatura general de secado para la mezcla de harina de naranja y piña fue de 65°C en un tiempo aproximado de 3.4 horas.

Se logró elaborar una galleta usando la harina obtenida de la biomasa como agregado en el proceso de elaboración. Se realizó la preparación de suministros, dosificación de los ingredientes, mezclado y amasado, refrigerado de la masa, modelado, horneado, enfriado y envasado, para finalmente ser almacenado. Con respecto a la determinación de la calidad del producto, se presentó una descripción para una evaluación sensorial.

Se determinó la caracterización de la calidad fisicoquímica y microbiológica de la harina Pinafrut a partir de análisis en laboratorio, cuyos resultados arrojaron un porcentaje de proteína de 7.72%, fibra por 13.78%, Grasa 2.32%, carbohidratos 65.21%, valor calórico de 313Kcal/100g. Asimismo, los resultados microbiológicos demostraron que las condiciones de obtención de materia prima, proceso y molienda de la harina Pinafrut como agregado para la elaboración de productos de pastelería cumplen con las condiciones de calidad establecidas en la NTC 267, NTC 5986 y la resolución 5109

<sup>3</sup> PÉREZ, Ángela. Evaluación del comportamiento reológico de dos muestras de harina de trigo acondicionada con mezcla de fibras comerciales. Universidad Nacional Abierta y A Distancia –UNAD. Duitama. 2013.

<sup>4</sup> Ibid. PÉREZ. p. 12.

de 2005. Los resultados mostrados ponen en evidencia la viabilidad de la obtención de harina pinafrut, a partir del uso del exocarpo de la naranja valencia (*Citrus x sinensis*) y bagazo de piña criolla (*Ananas comosus*) para la aplicación en la industria pastelera.

## BIBLIOGRAFÍA

ALMAZAÓN. El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: [http://karin.fq.uh.cu/acc/2016/CIENCIAS\\_TECNICAS/032/New/Documentaci%C3%B3n/Parte%20V/Parte%20V.pdf](http://karin.fq.uh.cu/acc/2016/CIENCIAS_TECNICAS/032/New/Documentaci%C3%B3n/Parte%20V/Parte%20V.pdf).

ARAMBERRI, Melisa. Análisis ambiental de los residuos de las industrias jugueras: el caso del alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina. Universidad Nacional de Quilmes. Bernal. 2018.

ARAMILLO, Gladis. ZAPATA, Liliana. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/37368292\\_Aprovechamiento\\_de\\_los\\_residuos\\_solidos\\_organicos\\_en\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/37368292_Aprovechamiento_de_los_residuos_solidos_organicos_en_Colombia).

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Continúa Reciclando y de Verde a Suba vos Pintando. 2011. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/continua-reciclando-y-de-verde-a-suba-vas-pintando-2>.

CAMPOS, Lizeth. AGUILAR, Orlando. Estudio de la molienda como tratamiento de harina de yuca integral para uso en el proceso de obtención de jarabes de glucosa. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2014.

CARÍAS, Julio Javier. Elaboración de una harina de cáscara de piña para su aplicación en una harina alta en fibra con su respectiva evaluación nutricional y organoléptica. Universidad de San Carlos Guatemala. 2015.

CERDEÑO, Jessenia. ZAMBRANO, Johana. Cáscara de piña y mango deshidratados como fuente de fibra dietética en producción de galletas. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix Lóez. Calceta. 2014.

CHÁVEZ, Álvaro. RODRÍGUEZ Alejandra. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. Revista Academia y Virtualidad. Vol. 9. No. 2. 2016. p. 90-107.

CORONEL, Myriam. Factibilidad para la creación de una empresa productora de harina de plátano con saborizantes en el municipio de San Martín-Cesar. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2014.

CONSORCIO RSU MÁLAGA. Residuos Orgánicos. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://www.consorciorsumalaga.com/5936/residuos-organicos>.

CORONEL, Myriam. Factibilidad para la creación de una empresa productora de harina de plátano con saborizantes en el municipio de San Martín-Cesar. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2014.

CURY, R. AGUAS, Yelitza. MARTÍNEZ, Ana. Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. Revista Colombiana de Ciencia Animal. Vol. 9. 2017. P. 122-132.

DANE. El cultivo de la naranja Valencia (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) y su producción como respuesta a la aplicación de correctivos y fertilizantes y al efecto de la polinización dirigida con abeja *Apis mellifera*. Boletín mensual Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria. No. 52. 2016.

- DANE. Principales características del cultivo de la Piña (*Ananas comosus* L.). Boletín Mensual. Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria. No. 54. 2016.
- EL TIEMPO. La importancia de las harinas en nuestra alimentación. 2005. En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1621477>.
- FAO. Cereales. Se necesitan mil millones de toneladas más. . [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>.
- FEN. Piña. En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pina.pdf>.
- GONZÁLEZ, Nora. Elaboración de galletas con harina de bagazo de naranja. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de soto. 2007.
- IDEAM. Gases de efecto invernadero y el cambio climático. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>.
- INTI. Harinas y Almidones de fuentes no convencionales: elaboración y usos. Unión Europea. 2016 [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <https://www.inti.gov.ar/ue/pdf/publicaciones/cuadernillo29.pdf>.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE ESPAÑA. Contaminación y Residuos. En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: [https://www.ign.es/esmap/contaminacion\\_bach.htm](https://www.ign.es/esmap/contaminacion_bach.htm).
- LONDOÑO, Julián. SIERRA, Jelver. ÁLVAREZ, Rafael. RESTREPO, Ana María. Aprovechamiento de los subproductos cítricos. 2018. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/267802091\\_Aprovechamiento\\_de\\_los\\_subproductos\\_citricolas](https://www.researchgate.net/publication/267802091_Aprovechamiento_de_los_subproductos_citricolas).
- LUPIÁÑEZ, L., PRIEDE, T., LÓPEZ, C. El emprendimiento como motor del crecimiento económico. 2014. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: [http://www.revistasice.com/cachepdf/bice\\_3048\\_55\\_24385f894c3ef154d0382ebb24b0889d.pdf](http://www.revistasice.com/cachepdf/bice_3048_55_24385f894c3ef154d0382ebb24b0889d.pdf).
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Ley 99 de 1993. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Ley 142 de 1994. [En línea] [Consultado Julio de 2018] <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/670382/LEY142DE1994.pdf/68f0c21d-fd78-4242-b812-a6ce94730bf1>.
- MINISTERIO DE SALUD. Resolución 2674 de 2013. . [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <https://www.invima.gov.co/resoluciones-en-alimentos/resolucion-2674-2013-pdf/detail.html>.
- MINISTERIO DE SALUD. Decreto 60 de 2002. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6005>.
- MINISTERIO DE SALUD. Decreto 612 de 2000. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <https://www.invima.gov.co/decretos-en-cosmeticos/decreto-612-2000-pdf/detail.html>.
- MINSALUD. *Perfil nacional de consumo de frutas y verduras*. Bogotá: Ministerio de Salud. 2013.

MOREIRA, Ricardo. Diagnóstico base del cultivo de piña en Ecuador con énfasis en el cultivo de cultivar criolla o milagrena. 2018. En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/322665769\\_DIAGNOSTICO\\_BASE\\_DEL\\_CULTIVO\\_DE\\_PINA\\_EN\\_ECUADOR\\_CON\\_ENFASIS\\_EN\\_EL\\_CULTIVO\\_DEL\\_CULTIVAR\\_CRIOLLA\\_O\\_MILAGRENA](https://www.researchgate.net/publication/322665769_DIAGNOSTICO_BASE_DEL_CULTIVO_DE_PINA_EN_ECUADOR_CON_ENFASIS_EN_EL_CULTIVO_DEL_CULTIVAR_CRIOLLA_O_MILAGRENA).

PÉREZ, Ángela. Evaluación del comportamiento reológico de dos muestras de harina de trigo acondicionada con mezcla de fibras comerciales. Universidad Nacional Abierta y A Distancia –UNAD. Duitama. 2013.

RINCÓN, Alicia. VÁSQUEZ, Marina. PADILLA, Fanny. Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de naranja (*citrus sinensis*), mandarina (*citrus reticulata*) y toronja (*citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol 55. 2005. p. 305-310.

SABERIA. La contaminación. [En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://www.saberia.com/herramientas/traductor/traducir/la-contaminacion-es-la-introduccion-de-sustancias-en-un-medio-que-provocan-que-este-sea-inseguro-o-no-apto-para-su-uso-el-medio-puede-ser-un/al-ingles/>.

SALINAS, Natalia. Estudio de los parámetros de elaboración de harina de bagazo de uva para la obtención de un producto con propiedades funcionales. Universidad de Chile. Santiago. 2015.

SAMPIERI, R., & FERNÁNDEZ, C.. *Metodología de la Investigación*. 2006. En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: [https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/1033525612-mtis\\_sampieri\\_unidad\\_1-1.pdf](https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/1033525612-mtis_sampieri_unidad_1-1.pdf).

YEPES, Milena. MONTOYA, Lina. OROZCO, Fernando. Valorización de residuos agroindustriales – frutas- en Medellín y el Sur del Valle de Aburrá, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Vol, 6. No 1. 2008. P. 4422-4431.

TEJEDA, Lesly. Evaluación del Potencial de las Cáscaras de Frutas en la Obtención de Bioetanol. Revista Hechos Microbiológicos.

VILLAZÓN, Maurys. Introducción al proceso de Subproductos. En línea] [Consultado Julio de 2018] Disponible en: <http://tirsomestre.blogspot.com/2010/05/introduccion-al-proceso-de-subproductos.html>.

YÁÑEZ, Lugo. PARADA, D. Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja dulce (*Citrus sinensis*, variedad Valenciana) cultivada en Labateca (Norte de Santander, Colombia. Bistua. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. Vol. 5. No. 1. 2007.

# CAPÍTULO 19

## CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E RENDIMENTO DE GRÃOS DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays L.*) SOB DIFERENTES DENSIDADES

Data de submissão: 20/09/2021

Data de aceite: 11/10/2021

### Leandro H Lopes

Sociedade Educacional Três de Maio  
SETREM  
Três de Maio, Rio Grande do Sul

### Luã Carlos Perini

Sociedade Educacional Três de Maio  
SETREM  
Três de Maio, Rio Grande do Sul

### Michael Ivan Leubet

Sociedade Educacional Três de Maio  
SETREM  
Três de Maio, Rio Grande do Sul  
mikaelleubet@hotmail.com

### Marcos Caraffa

Sociedade Educacional Três de Maio  
SETREM  
Três de Maio, Rio Grande do Sul

maximizar o rendimento de grãos do milho, pela otimização do uso de recursos naturais (água, luz e nutrientes). O estudo teve por objetivo analisar o efeito de diferentes densidades de cultivo sobre as características agronômicas e o rendimento de grãos da cultura do milho, considerando as condições edafoclimáticas do município de Campinas das Missões, RS, no ano de 2016/17. Para a realização, foi utilizada a abordagem quantitativa, procedimento estatístico e laboratorial, sendo os dados coletados por observação direta intensiva e analisados através da estatística descritiva utilizando médias, teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro e matriz de correlação de Pearson. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com quatro repetições, considerando cinco densidades de cultivo (50, 60, 70, 80 e 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>) para os híbridos NS 56 PRO RR e MG 30A37. Segundo o teste de Tukey, o híbrido NS 56 PRO RR, apresentou diferença significativa apenas nos quesitos número de fileiras por espiga e número de grão por fileira, que sofreram interferência da densidade de semeadura. Já o híbrido MG 30 A 37 PW, apresentou diferença significativa entre os tratamentos apenas para o número de fileira por espiga. E em relação ao rendimento de grãos a densidade de semeadura não influenciou de forma significativa para que houvesse diferença estatística entre elas. Desta forma, conclui-se que a densidade de semeadura interfere principalmente no número de fileiras por espiga, dentre os componentes

**RESUMO:** Para a implantação da cultura do milho é preciso levar em consideração algumas práticas como, a alteração no espaçamento e na densidade de plantas na linha como uma das práticas de manejo mais importantes para

de rendimento que foram avaliados neste estudo com dois híbridos de milhos, sendo possível observar que a população de plantas não interferiu no rendimento final da cultura. **PALAVRAS CHAVE:** Híbrido de milho. População de plantas. Componentes de rendimento. Rendimento de grãos.

## AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND GRAIN YIELD OF MAIZE (*ZEA MAYS L.*) UNDER DIFFERENT DENSITIES

**ABSTRACT:** For the implementation of the corn crop it is necessary to take into account some practices such as changing the spacing and density of plants in the row as one of the most important management practices to maximize the corn grain yield, by optimizing the use of natural resources (water, light and nutrients). The study aimed to analyze the effect of different crop densities on the agronomic characteristics and grain yield of the corn crop, considering the edaphoclimatic conditions in the city of Campinas das Missões, RS, in 2016/17. For the realization, a quantitative approach, statistical and laboratory procedure was used, being the data collected by intensive direct observation and analyzed through descriptive statistics using means, Tukey test at 5% error probability and Pearson correlation matrix. The experiment was carried out in randomized blocks with four replications, considering five growing densities (50, 60, 70, 80 and 90 thousand plants ha<sup>-1</sup>) for the hybrids NS 56 PRO RR and MG 30A37. According to Tukey's test, the hybrid NS 56 PRO RR showed significant difference only in the items number of rows per ear and number of grains per row, which suffered interference from sowing density. The hybrid MG 30 A 37 PW, on the other hand, presented a significant difference between treatments only for the number of rows per ear. And in relation to grain yield, sowing density did not significantly influence so that there was a statistical difference between them. Thus, it is concluded that sowing density interferes mainly in the number of rows per ear, among the yield components that were evaluated in this study with two corn hybrids, and it is possible to observe that the plant population did not interfere in the final yield of the corn. culture.

**KEYWORDS:** Corn hybrid. Plant population. Yield components. Grain yield.

### 1 INTRODUÇÃO

Segundo Cruz *et al.* (2008) o milho é insumo para a produção de uma centena de produtos, porém na cadeia produtiva de suínos e aves é consumido aproximadamente 70% do milho produzido no mundo e entre 70% e 80% produzido no Brasil.

O milho (*Zea mays L.*) é um cereal de maior volume de produção no mundo, com aproximadamente 960 milhões de toneladas. Estados Unidos, China, Brasil e Argentina são os maiores produtores, representando 70% da produção mundial (DUPONT PIONEER, 2016).

O milho é uma das principais commodities agrícolas negociada nos mercados internacionais. Entre os países, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, produzindo aproximadamente 6,5% do total produzido no mundo. É superado pelos Estados Unidos que produz cerca de 37% e pela China que produz 21% do total da produção mundial (FAO *apud* ATLAS SOCIECONOMICO RIO GRANDE DO SUL, 2016, p.01).

Existem diversas utilizações para o milho e seus derivados, é de extrema importância na vida alimentícia, para humanos e animais, tem um alto desempenho nutricional agregando valores na propriedade rural, além disso, é fonte de matéria- prima para diversos complexos agroindustriais.

Conforme a Reunião Técnica Anual de Milho (2013), a produtividade média de milho do estado Rio Grande do Sul aumentou cerca de 90% entre os anos de 2000 e 2013, enquanto a área cultivada teve uma retração de cerca de 30%, passando de 1,4 milhão de hectares no ano 2000, para 1,05 milhão de hectares no ano 2013, ou seja, empresas tão criando cultivares com um maior potencial de produtividade, resistência a algumas doenças, facilitando o manejo da cultura com menos entrada de maquinário e aplicação de defensivos agrícola.

Mas há um ponto muito importante em todos esses genótipos de milho disponível no mercado: o preço, que está cada vez maior. Isso dificulta para alguns produtores com um poder aquisitivo menor prejudicando a sua produtividade consequentemente a renda familiar.

A manipulação do arranjo espacial de plantas (forma como as plantas estão distribuídas na área) pela alteração no espaçamento e na densidade de plantas na linha tem sido apontada como uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar o rendimento de grãos do milho, pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes (KAPPES, 2010, p.19)

Estudos sobre densidade de semeadura na cultura do milho existem, porém muitos são realizados em outras regiões do estado e até mesmo do país, oferecendo dessa forma resultados distintos entre si, pois o milho é uma cultura responsiva ao fotoperíodo, além disso, ao longo dos anos a cultura passou por melhoramentos genéticos deixando a cultura mais suscetível ao estresse hídrico, o qual é outro fator determinante na sua produção.

A pesquisa teve por objetivo analisar interferência de diferentes densidades em duas cultivares de milho submetidas às condições edafoclimáticas do município de Campinas das Missões, RS, no ano de 2016/17.

## 2 METODOLOGIA

Utilizou-se na realização do estudo o método quantitativo para o levantamento dos dados referentes ao rendimento da cultura em cada espaçamento, bem como na determinação dos componentes de rendimento, tais como: quebramento, acamamento, altura das plantas, altura de inserção da primeira espiga, número de grãos/espiga, número de fileiras de grãos/espiga, número de grãos/fileira e massa de mil grãos.

O método de procedimento utilizou-se o método laboratorial e o estatístico. Onde a coleta foi efetuada por meio da observação direta intensiva. Os dados coletados foram

manipulados e submetidos às análises estatísticas, usando para isso valores de média, teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, e correlação entre variáveis.

A população que compõe o estudo é constituída por dois híbridos de milho (NS 56 PRO RR e MG 30A37 PW), semeados em parcelas com 7 metros de comprimento por 1,80 metros de largura, isto é, 4 linhas espaçadas em 0,45 metros, totalizando um área total de 12,60 m<sup>2</sup>, por parcela.

O delineamento experimental do ensaio é em blocos inteiramente casualizados, com 4 tratamentos e 4 repetições cada cultivar. Sendo estabelecido no município de Campinas das Missões, RS, durante o ano safra 2016/17, onde foram usados dois híbridos (NS 56 PRO RR e MG 30A37), nas densidades de 50, 60, 70, 80 e 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com 4 linhas espaçadas em 0,45 metros.

O experimento foi implantado no dia 22 de novembro de 2016, usando uma adubação de 360 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 12-30-20 de acordo com a análise de solo, a qual foi interpretada para uma expectativa de rendimento de 9.000 kg ha<sup>-1</sup>. O adubo foi aplicado na linha, com o auxílio de uma semeadoura mecânica com linhas espaçadas em 0,45 metros. E no dia 02 de dezembro foi efetuado o raleio das parcelas.

Foi efetuada duas aplicações de ureia, sendo a primeira em estágio V4, com 125 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e a segunda em V6 e/ou V7 os outros 125 kg ha<sup>-1</sup>, somando assim uma aplicação de 250 kg ha<sup>-1</sup> de ureia.

Para fins de avaliação foi considerada a área útil de 3.6 m<sup>2</sup> e, então com o material colhido foi calculado massa de mil grãos e o rendimento de grãos, sendo estes parâmetros usados para a determinação do rendimento de grãos, em que este é determinado pela pesagem dos grãos provenientes da área útil de cada parcela. Em seguida será feita a transformação dos dados de g por parcela para kg ha<sup>-1</sup>.

A massa de mil grãos foi determinada após a colheita e beneficiamento manual das espigas, sendo esta obtida através da pesagem de oito amostras aleatórias de 100 grãos, realizando a média entre elas e convertendo para a massa de mil grãos (BRASIL, 2009).

As avaliações efetuadas foram as seguintes:

- a) altura de inserção da folha bandeira (obtida através da média de 10 plantas competitivas na área útil, para a edição utilizou-se uma trena. A altura foi aferida no estágio reprodutivo R3 grão pastoso, considerando-se a extensão da base da planta no solo até a inserção da folha bandeira);
- b) altura de inserção da espiga (considerando a extensão da base da planta no solo até o ponto em que a primeira espiga está ligada ao colmo);
- c) determinação do número de grãos por espiga, número de fileiras e número

- de grãos por fileira (obtido pela contagem em 10 espigas colhidas ao a caso na área útil);
- d) rendimento de grãos (sendo determinada pela pesagem dos grãos provenientes da área útil de cada parcela. Em seguida foi feita a transformação dos dados de g/parcela para kg ha<sup>-1</sup>);
- e) massa de 1000 grãos (obtido pela pesagem de oito amostras aleatórias de 100 sementes, realizando a média entre elas e convertendo para a massa de mil grãos).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos na avaliação das duas cultivares de milho em cinco densidades de semeadura. As avaliações efetuadas foram a seguintes: altura de inserção da folha bandeira (cm); altura de inserção da espiga (cm); número de fileiras por espiga; número de grãos por espiga; número de grãos por fileira; massa de mil grãos; e, rendimento de grãos. (kg ha<sup>-1</sup>). Neste item também se encontra exposto o resultado médio de cada avaliação, bem como o desvio padrão, resultado da matriz de correlação e coeficiente de variação.

Os cultivares foram semeados em 22 de novembro de 2016 e colhidos em 29 de abril de abril de 2017, sendo que o experimento foi conduzido no município de Campinas das Missões, RS.

Os dados referentes à altura de inserção da folha bandeira (AIE); altura de inserção da espiga (AFB); número de fileiras por espiga (NFE); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por fileira (NGF); massa de mil grãos (MMG); e, rendimento de grãos (RG) nas cinco densidades estão especificados na tabela 1, para o híbrido NS 56 PRO RR.

Tabela 1 - Características agrônômicas, rendimento de grãos e componentes de rendimento do híbrido NS 56 PRO RR.

TRATAMENTO	AIE	AFB	NFE	NGF	NGE	MMG	RG
<b>50.000</b>	139,25 a	192,00 a	14,48 b	38,59 a	558,45 a	425,25 a	5143,75 a
<b>60.000</b>	140,25 a	191,50 a	14,60 ab	38,31 a	556,70 a	423,25 a	5668,50 a
<b>70.000</b>	143,25 a	196,75 a	15,70 a	30,75 b	481,85 a	412,25 a	5052,50 a
<b>80.000</b>	144,75 a	194,75 a	15,48 ab	32,13 b	495,13 a	415,00 a	5616,25 a
<b>90.000</b>	142,50 a	193,00 a	14,43 b	34,93 ab	495,43 a	408,25 a	6491,25 a
<b>Média</b>	142,00	193,60	14,93	34,94	514,51	416,80	5594,45
<b>CV (%)</b>	6,47	3,65	3,54	8,07	8,49	7,6	14,62

Notas: Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam entre si a 5 % de probabilidade de erro.

Na tabela 01, ao analisar altura de inserção da espiga, altura de inserção da folha bandeira, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e rendimento de grãos, constata-se que não houve diferença significativa a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey, nas cinco densidades testadas.

Em relação ao número de grãos por espiga este estudo encontrou resultado diferente daquele encontrado por Serpa *et al.* (2012), em que diz, que o número de grãos por espiga e massa de mil grãos diminui de forma linear a medida que houve aumento na densidade. Além disso, o rendimento de grãos aumentou e forma linear com o incremento na densidade.

A média da altura de inserção da folha bandeira, altura de inserção da espiga, número de grãos por espiga e massa de mil grãos, foi 193,60 cm, 142,00 cm, 514,51 grãos e 416,80 gramas.

No entanto, o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira foram significativamente afetados pela densidade, ao nível de 5% de probabilidade no teste de Tuckey. Onde NFE se destacou na densidade de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com 15,7 fileiras por espiga e a densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> apresentou o menor número de fileiras por espiga (14,48 fileiras), com média entre as densidades analisadas de 14,9 fileiras.

Já o número de grãos por fileira, diminuiu à medida que houve um aumento na densidade de plantas, pois a densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> apresentou o maior número de grãos por fileira (38,59 grãos), enquanto que a densidade de 80.000 mil plantas ha<sup>-1</sup> apresentou 31,13 grãos por fileira.

Em um estudo realizado por Marchão *et al.* (2005), observou que dentre os caracteres avaliados nas espigas somente o número de fileiras por espiga não variou, enquanto que o número de grãos por fileira sofreu interferência da densidade. Ao comparar com o estudo efetuado percebe-se que somente o número de grãos por fileira sofreu variação nos dois experimentos.

E ainda, sobre o rendimento de grãos, a média produzida pelo híbrido NS 56 PRO RR foi de 5.594,45 kg ha<sup>-1</sup>, no entanto não houve diferença significativa entre as densidades analisadas ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey. Cabe destacar que o rendimento final não atingiu a expectativa de rendimento a qual era de 9.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Entre os componentes de rendimento analisados houve variação significativa ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey, nos componentes de número de grãos por fileira e número de fileiras por espiga.

Os dados referentes à altura de inserção da folha bandeira (AIE); altura de inserção da espiga (AFB); número de fileiras por espiga (NFE); número de grãos por espiga (NGE);

número de grãos por fileira (NGF); massa de mil grãos (MMG); e, rendimento de grãos (RG) nas cinco densidades estão especificados na tabela 02, para o híbrido MG 30 A 37 PW.

Tabela 02 - Características agrônômicas, rendimento de grãos e componentes de rendimento do híbrido MG 30 A 37 PW.

TRATAMENTO	AIE	AFB	NFE	NGF	NGE	MMG	RG
<b>50.000</b>	141,75 a	188,75 a	13,50 b	41,26 a	544,68 a	381,75 a	5153,75 a
<b>60.000</b>	154,50 a	194,75 a	13,90 ab	41,68 a	577,13 a	385,00 a	6076,25 a
<b>70.000</b>	151,50 a	197,75 a	14,33 a	39,99 a	569,40 a	373,25 a	6497,50 a
<b>80.000</b>	154,75 a	194,50 a	14,23 a	35,80 a	524,23 a	394,00 a	6095,00 a
<b>90.000</b>	153,00 a	193,50 a	13,85 ab	37,75 a	513,93a	339,50 a	5653,75 a
<b>Média</b>	151,10	193,85	13,96	39,29	545,87	374,70	5895,25
<b>CV (%)</b>	4,74	3,89	2,25	8,28	8,64	9,65	17,72

Notas: Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam entre si a 5 % de probabilidade de erro.

No ensaio, a altura de inserção da folha bandeira, a altura de inserção da espiga, o número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, a massa de mil grãos e rendimento de grãos não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey. Em um estudo realizado por Argenta *et al.* (2001, *apud* BORGHI; MELLO; CRUSCIOL, 2004), aponta que a altura de inserção da espiga sofreu variação com a densidade, pois a medida que a densidade aumentou a altura de planta foi menor.

Ainda Penariol *et al.* (2002, *apud* BORGHI; MELLO; CRUSCIOL, 2004), encontraram variação no número de grãos por espiga, onde em razão do aumento da densidade houve redução no número de grãos por espiga.

Em relação ao número de fileiras por espiga, observa-se que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey, sendo que a densidade de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> esse valor foi de 14,33 fileiras por espiga, enquanto que a média foi de 13,96 fileiras por espiga. Concordando com o estudo realizado por Kappes (2010), onde constatou que ao elevar a densidade de provocou redução linear no número de fileiras por espiga, pois proporcionou a intensificação por luz pelo genótipo, fato este que pode explicar o menor número de fileiras de grãos.

Em relação ao rendimento de grãos, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey e a média de RG foi de 5.895,25 kg.ha<sup>-1</sup>, também não atingiu a expectativa de rendimento, a qual era de 9.000 kg ha<sup>-1</sup>. Discordando do estudo realizado por Pereira *et al.* (2009, *apud* UATE, 2013) constataram que ao elevar a densidade houve aumento no rendimento de grãos.

Os resultados obtidos nas avaliações da altura de inserção da folha bandeira (AIE); altura de inserção da espiga (AFB); número de fileiras por espiga (NFE); número de grãos por espiga (NGE); número de grãos por fileira (NGF); massa de mil grãos (MMG); e, rendimento de grãos (RG), nas cinco densidades foram submetidos à análise de matriz de correlação e estão expostos nas tabelas 03 e 04.

Tabela 03 – Matriz de correlações de RG e seus componentes para o cultivar NS 56 PRO RR.

	AIE	AFB	NFE	NGF	NGE	MMG	RG
<b>AIE</b>	1	0,496	0,247	-0,194	-0,238	-0,289	0,100
<b>AFB</b>	-	1	0,313	-0,444	-0,420	-0,014	-0,189
<b>NFE</b>	-	-	1	-0,611	-0,142	0,084	-0,088
<b>NGF</b>	-	-	-	1	0,741	0,122	0,268
<b>NGE</b>	-	-	-	-	1	0,210	0,375
<b>MMG</b>	-	-	-	-	-	1	0,173
<b>RG</b>	-	-	-	-	-	-	1

Nota: Correlações de Pearson calculadas com base no nível de significância de 5%.

O valor absoluto mínimo para o coeficiente de correlação de Pearson para o nível de significância de 5 % é de 63,2 %, considerando que os dados apresentam 10 elementos de análise. Desta forma, os dados apresentados na tabela 03 demonstram que houve apenas uma correlação significativa entre as variáveis analisadas.

Ao analisar pode-se dizer que o número de grãos por fileira influenciou significativamente e positivamente o número de grãos por espiga, à medida que houve aumento na densidade de semeadura.

É importante salientar que o número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira apresentaram uma correlação negativa, mas não significativa (- 61,1%), chegando muito próximo à correlação do estudo a qual é de 63,2%.

No híbrido Mg 30 A 37 PW, foram constadas algumas correlações entre os quesitos analisados conforme a tabela 04.

Tabela 04 – Matriz de correlações de RG e seus componentes para o híbrido NS 6909 IPRO.

	AIE	AFB	NFE	NGF	NGE	MMG	RG
<b>AIE</b>	1	0,500	0,107	0,280	0,348	0,156	0,701
<b>AFB</b>	-	1	0,111	0,253	0,131	-0,069	0,340
<b>NFE</b>	-	-	1	-0,430	-0,043	0,072	0,458
<b>NGF</b>	-	-	-	1	0,581	-0,044	0,355
<b>NGE</b>	-	-	-	-	1	-0,135	0,456
<b>MMG</b>	-	-	-	-	-	1	0,319
<b>RG</b>	-	-	-	-	-	-	1

Nota: Correlações de Pearson calculadas com base no nível de significância de 5%.

Como pode ser analisado na tabela 04, pode-se constatar que houve correlação positiva e significativa apenas entre, altura de inserção da espiga e rendimento de grãos, sendo esta de 70,1%.

Indicando que, à medida que aumentou a densidade elevou a altura de inserção da espiga e conseqüentemente elevou o rendimento e grãos. Pois, uma altura de inserção de espiga adequada, contribui para que haja perdas no momento da colheita.

## 4 CONCLUSÕES

A densidade de semeadura do milho é um dos fatores ser considerado no momento da semeadura, pois o mesmo irá refletir diretamente no rendimento de grãos. Assim, dentre os componentes de rendimento analisados no presente estudo, verificou-se que o número de fileiras apresentou variação com a densidade de semeadura, em que o mesmo foi maior na população de 70 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  em ambos os híbridos testados.

Com relação ao rendimento de grãos do híbrido NS 56 PRO RR é significativamente superior ao rendimento de grãos do híbrido, MG 30A37 PW em todos os tratamentos, nas condições do ensaio. Verificou-se que somente na densidade de 90 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , o híbrido NS 56 PRO RR, apresentou rendimento de grãos superior ao MG 30 A 37 PW, sendo que esta diferença foi de 837,5  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Além disso, se observou que a densidade de semeadura não influencia na altura de inserção da espiga, estando a mesma situada a uma altura média de 1,46 metros, possibilitando que a operação de colheita seja efetuada de forma eficiente, se ocorrer perdas no momento da colheita, pela espiga estar inserida muito próxima ao solo.

A densidade de semeadura interfere principalmente no número de fileiras por espiga, dentre os componentes de rendimento que foram avaliados neste estudo com dois híbridos de milhos, sendo possível observar que a população de plantas não interferiu no rendimento final da cultura.

Pode-se destacar ainda, que nenhum dos dois híbridos de milho usados atingiu a expectativa de rendimento, a qual era de 9.000  $\text{kg ha}^{-1}$ , e as cultivares ficaram com o rendimento abaixo dos 6.000  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Portanto, pode se concluir, que os dois híbridos de milho usados no estudo apresentam comportamentos distintos em relação a densidade de cultivo utilizada, evidenciando que cada cultivar possui uma densidade de semeadura ideal para maximizar o rendimento final de grãos.

## REFERÊNCIAS

ATLAS SOCIECONOMICO RIO GRANDE DO SUL. Acesso em: 02/03/2017. Disponível em: <[http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=819&cod\\_menu=817&tipo\\_menu=ECONOMIA&cod\\_conteudo=1492](http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_conteudo=1492)>.

BORGHI, É.; MELLO, L. M. M. de; CRUSCIOL, C. A. C. **Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo.** Maringá: Acta Scientiarum Agronomy. V.26, n.3. 2004.

BRASIL. 2009. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R. **Manejo da cultura do milho.** In: CRUZ, J. C. KARAM, D; MONTEIRO, M. A. Resende; MAGALHAES, P. C. (ed.) *A cultura do milho*. 1. ed. 2008. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Cap. 8, p. 171-195.

DUPONT PIONEER. **Quais os estádios fenológicos da cultura do milho? Pioneer Responde.** 2016. Acesso em: 28/02/2017. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/Milho/Pages/Detailhe-do-Pioneer-Responde.aspx?p=90&t=Quais%20os%20Est%C3%A1dios%20fenol%C3%B3gicos%20do%20milho?>>>.

KAPPES, C. 2010. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas.** Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista, 2010.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. **Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas.** Pesquisa Agrícola Tropical. V.35, a.2. 2005.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO. 2013. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul - Safras 2013/2014 e 2014/2015.** 1. ed. Brasília: Embrapa.

SERPA, M. da S.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; MARCHESI, D. R. **Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro.** *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.47, n.4. 2012. Brasília: Embrapa. Abr. pp. 541-549.

UATE, Joaquim Vicente. 2013. **Épocas de semeadura do milho e distribuição espacial de plantas.** Lavras: Universidade Federal de Lavras. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal. 2013.

# CAPÍTULO 20

## EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FUNGICIDAS, COM E SEM APLICAÇÃO SEQUENCIAL DE CARBENDAZIM, NO CONTROLE DA GIBERELA EM TRIGO NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA, PR

Data de submissão: 30/09/2021

Data de aceite: 13/10/2021

**Vanessa Nathalie Modesto Boratto**

CWR Pesquisa Agrícola Ltda.

Palmeira, PR

<https://orcid.org/0000-0003-1814-8188>

**Wilson Story Venancio**

CWR Pesquisa Agrícola Ltda.

Palmeira, PR

<https://orcid.org/0000-0001-8188-1177>

**Eduardo Gilberto Dallago**

CWR Pesquisa Agrícola Ltda.

Palmeira, PR

<https://orcid.org/0000-0001-5955-1446>

**Ibraian Valério Boratto**

CWR Pesquisa Agrícola Ltda.

Palmeira, PR

<https://orcid.org/0000-0002-1780-5943>

**Jéssica Ellen Churi Rezende**

CWR Pesquisa Agrícola Ltda.

Palmeira, PR

<https://orcid.org/0000-0002-0895-2423>

**Robinson Martins Venancio**

CWR Pesquisa Agrícola Ltda.

Palmeira, PR

<https://orcid.org/0000-0003-0840-9030>

**Vanessa Mikolayczyk Juraski**

CWR Pesquisa Agrícola Ltda.

Palmeira, PR

<https://orcid.org/0000-0003-2499-5041>

**RESUMO:** Com o objetivo de avaliar a eficiência de diferentes fungicidas, com e sem a aplicação sequencial de Carbendazim, no controle da giberela [*Gibberella zeae* (Schw.) Petch] na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), foi implantado um experimento na Estação Experimental Agrícola Campos Gerais - EEACG, na safra de 2017, localizada na Rodovia BR-277, Km 175, no Município de Palmeira, PR, Gleba B3 (Latitude 25° 25' 33,81" Sul e Longitude 50° 02' 59,74" Oeste) e altitude média de 885 metros. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso, com onze tratamentos e quatro repetições, utilizando-se a cultivar TBIO Toruk. Foram realizadas três aplicações, sendo a primeira no início do florescimento (BBCH 61) no dia 25/09/2017 e as subsequentes com 7 dias de intervalo entre si. A aplicação sequencial com Carbendazim interfere positivamente no controle da giberela na cultura do trigo, apresentado eficiência de controle superior aos tratamentos que receberam aplicação de um único fungicida, tendo o fungicida Piraclostrobin + Metconazol se destacado em relação aos demais, garantindo também, melhor rendimento e peso hectolitro da cultura. **PALAVRAS-CHAVE:** *Triticum aestivum*. *Gibberella zeae*. Manejo.

## EFFICIENCY OF DIFFERENT FUNGICIDES, WITH AND WITHOUT SEQUENTIAL APPLICATION OF CARBENDAZIM, IN THE CONTROL OF FUSARIUM HEAD BLIGHT IN WHEAT IN THE CITY OF PALMEIRA, PR

**ABSTRACT:** In order to evaluate the efficiency of different fungicides, with and without the sequential application of Carbendazim, in the control of FHB [*Gibberella zeae* (Schw.) Petch] in the wheat crop (*Triticum aestivum* L.), an experiment was implemented at the Station Agricultural Experimental Campos Gerais - EEACG, in the 2017 harvest, located on BR-277, Km 175, in the Municipality of Palmeira, PR, Gleba B3 (Latitude 25° 25' 33.81" South and Longitude 50° 02' 59.74" West) and average altitude of 885 meters. The statistical design used was randomized blocks, with eleven treatments and four replications, using the cultivar TBIO Toruk. Three applications were carried out, the first at the beginning of flowering (BBCH 61) on 09/25/2017 and the subsequent ones with an interval of 7 days between them. Sequential application with Carbendazim positively interferes in the control of FHB in wheat, showing superior control efficiency than treatments that received application of a single fungicide, with the fungicide Pyclostrobin + Metconazol standing out in relation to the others, also ensuring better yield and crop hectoliter weight.

**KEYWORDS:** *Triticum aestivum*. *Gibberella zeae*. Management.

### 1 INTRODUÇÃO

A produção de trigo (*Triticum aestivum* L.), estimada pela Conab, em dezembro de 2017, foi de 4.299,4 mil toneladas, um recuo de 36,1% frente à safra anterior. A quebra foi resultado das condições meteorológicas adversas como geadas em setembro, estiagem entre julho e setembro, chuvas intensas em outubro e novembro, causaram perdas significativas às lavouras, como a redução de 29,4% na produtividade do trigo (CONAB, 2017).

O sistema de produção pode ser comprometido também com a ocorrência generalizada e com os danos causados pela giberela [*Gibberella zeae* (Schw.) Petch] (anamorfo = *Fusarium graminearum* Schwabe). A preocupação baseia-se na inexistência de cultivares resistentes à doença, a baixa eficiência do controle químico e a presença de micotoxinas em grãos (BUTRINOWSKI, 2015). Epidemias severas, geralmente estão associadas ao período de molhamento prolongado das espigas, com temperatura ambiente entre 20-25 °C durante a antese até a formação de grãos (REIS, 1988, REIS, CASA; FORCELINI, 1995, PARRY; JENKINSON; MCLEOD, 1995, MCMULLEN; JONES; GALLENBERG, 1997).

Os fungicidas registrados para o manejo da giberela em lavouras de trigo no Brasil, pertencem, principalmente, aos três grupos químicos: Triazóis, Estrobilurinas e suas misturas e Benzimidazóis (Carbendazim) (BRASIL, 2017). Associada à redução da doença, os tratamentos com fungicidas proporcionaram maior rendimento de grãos, como também a diminuição do conteúdo de micotoxinas DON (SANTANA et al., 2016).

O objetivo deste experimento foi avaliar a eficiência de diferentes fungicidas, com ou sem aplicação sequencial de Carbendazim, no controle da giberela na cultura do trigo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Estação Experimental Agrícola Campos Gerais – EEACG, safra 2017, com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e onze tratamentos (Tabela 1). As parcelas foram constituídas de 2,0 m de largura por 8,0m de comprimento (16,0m<sup>2</sup>), considerando útil os 4,0m<sup>2</sup> centrais da parcela.

Foi utilizada a cultivar TBIO Toruk a qual foi semeada no dia 24/06/2017, com espaçamento de 0,17m e 70 sementes por metro linear. O manejo cultural seguiu a recomendação técnica para a cultura do trigo.

Os tratamentos com fungicidas consistiram em três aplicações, sendo a primeira no início do florescimento (25/09/2017) e as demais com 7 dias de intervalo entre si.

Os dados meteorológicos ocorridos durante o período em que o ensaio foi conduzido na cultura do trigo, na safra de 2017 encontram-se na Figura 1.

Foram feitas avaliações de severidade da giberela quando a cultura atingiu a fase de “grão em massa mole” (85 da escala de ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974) e aos 10 dias após a última aplicação, sendo colhidas as espigas principais em um metro de cada uma das duas linhas centrais da parcela, totalizando dois metros totais de linha avaliados, utilizando a escala diagramática de STACK e MCMULLEN (1995).

TABELA 1. Descrição dos tratamentos utilizados para avaliar o controle da giberela (*G. zeae*) na cultura do trigo (*T. aestivum*), cultivar TBIO Toruk. Palmeira, PR. Safra 2017.

Tratamentos		Aplicação		Dose (g-mL/ha) <sup>1</sup>	
Nome Comercial	Nome Técnico	Época <sup>2</sup>	Vol <sup>3</sup>	i.a.	p.c.
1	Testemunha (Controle negativo)	-	-	-	0
2	Nativo (Test. Positiva) Aureo	Trifloxistrobina + Tebuconazol Óleo vegetal	ABC 200	75 + 150 -	750 250
3	Fox Aureo	Trifloxistrobina + Protioconazol Óleo vegetal	ABC 200	75 + 87,5 -	500 250
4	Opera Ultra Assist	Piraclostrobina + Metconazol Óleo mineral	ABC 200	97,5 + 60 -	750 500
5	Bendazol	Carbendazim	ABC 200	250	500
6	Fezan Gold	Clorotalonil + Tebuconazol	ABC 200	900 + 100	2000
7	UPL 2000 FP Agris	Azox. + Tebuc. + Mancoz. Óleo mineral	ABC 200	94+112+1194 -	2000 300
8	Nativo (Test.positiva) Aureo Bendazol	Trifloxistrobina + Tebuconazol Óleo vegetal Carbendazim	ABC 200	75 + 150 - 250	750 250 500
9	Fox Aureo Bendazol	Trifloxistrobina + Protioconazol Óleo vegetal Carbendazim	ABC 200	75 + 87,5 - 250	500 250 500
10	Opera Ultra Assist Bendazol	Piraclostrobina + Metconazol Óleo mineral Carbendazim	ABC 200	97,5 + 60 - 250	750 500 500
11	Fezan Gold Bendazol	Clorotalonil + Tebuconazol Carbendazim	ABC 200	900 + 100 250	2000 500

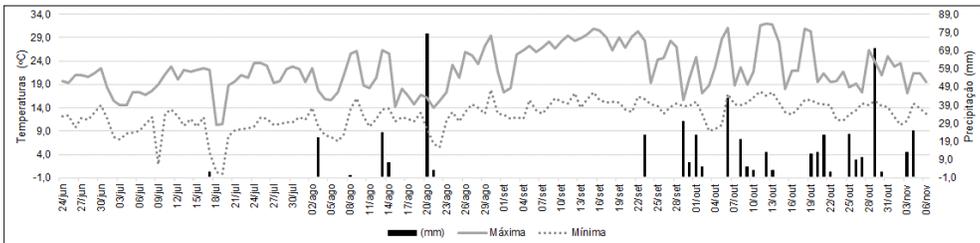
<sup>1</sup>Dose em gramas ou mililitros por hectare do i.a. = ingrediente ativo e do p.c.= produto comercial.

<sup>2</sup>A = data da primeira aplicação (25/09/2017); BC = Intervalo de 7 dias entre as aplicações.

<sup>3</sup>Volume de calda a ser utilizado em Litros de calda por hectare.

No dia 06/11/2017, foram colhidos 4,08m<sup>2</sup>, onde foram estimados o rendimento de grãos (dados corrigidos para 13% de umidade) e o peso hectolitro.

FIGURA 1. Temperaturas máximas e mínimas e precipitações ocorridas nos meses de junho a novembro de 2017. Palmeira, PR. Safra 2017.



Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e a diferença entre médias, quando significativa, foi comparada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através da utilização do “software” Sasm – agri (CANTERI et al., 2001).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando a cultura atingiu o estágio de grão massa mole (BBCH 75), foi possível avaliar os primeiros sintomas da giberela, que se encontrava no início do desenvolvimento, com uma severidade média de 0,95% nas parcelas do tratamento Testemunha. Nesta avaliação todos os tratamentos com fungicidas apresentaram redução significativa na severidade da doença, diferindo da Testemunha. O tratamento Piraclostrobina + Metconazol com aplicação sequencial de Carbendazim, atingiu 93% de controle e diferiu do tratamento Carbendazim aplicado sozinho (66%).

Com a cultura no estágio grão pastoso, todos os fungicidas testados diferiram estatisticamente da Testemunha, a qual apresentou uma severidade média de 3,38%. Os tratamentos Piraclostrobina + Metconazol com ou sem aplicação sequencial de Carbendazim, Azoxistrobina + Tebuconazol + Mancozebe, (Trifloxistrobina + Protioconazol) + Carbendazim e (Clorotalonil + Tebuconazol) + Carbendazim, foram significativamente iguais entre si e diferiram do tratamento Carbendazim aplicado sozinho.

Para o rendimento de grãos todos os tratamentos com fungicidas foram estatisticamente iguais entre si, porém apenas os tratamentos (Trifloxistrobina + Protioconazol) + Carbendazim e (Piraclostrobina + Metconazol) + Carbendazim apresentaram rendimento superior à Testemunha, a qual apresentou redução média de 15% em relação ao melhor tratamento (Tabela 2).

Resultados dos ensaios cooperativos da safra de 2012 (SANTANA et al., 2014) demonstraram também que em média o fungicida Piraclostrobina + Metconazol foi mais

eficaz na redução da incidência e da severidade, proporcionando maior rendimento de grãos, produzindo 286,4 Kg.ha<sup>-1</sup> a mais que a Testemunha. Neste ensaio a produtividade de Piraclostrobina + Metconazol com aplicação sequencial de Carbendanzim foi de 458 Kg.ha<sup>-1</sup> a mais que o tratamento sem fungicidas.

TABELA 2. Severidade da giberela (*G. zaeae*), eficiência de controle (%), produtividade, peso hectolitro e perda relativa em diferentes tratamentos na cultura do trigo (*T. aestivum*), cultivar TBIO Toruk. Palmeira, PR, Safra 2017.

Trat. <sup>1</sup>	% Severidade da Giberela <sup>1</sup>				Produtividade <sup>1</sup>		Peso Hectolitro <sup>1</sup>		Perda Relativa %
	Estádio 85	%	10DAC	%	Kg/ha	Kg/hl			
1	0,95 a	0	3,38 a	0	2615,8 b	57,53 b		15	
2	0,23 bc	76	1,11 bc	67	2895,4 ab	57,89 ab		6	
3	0,18 bc	82	0,93 bc	73	2937,5 ab	58,24 ab		4	
4	0,15 bc	84	0,85 c	75	2964,1 ab	58,54 ab		4	
5	0,33 b	66	1,63 b	52	2860,2 ab	57,61 b		7	
6	0,23 bc	76	1,05 bc	69	2937,5 ab	58,10 ab		4	
7	0,14 bc	86	0,75 c	78	2974,1 ab	59,20 ab		3	
8	0,18 bc	82	0,93 bc	73	2949,1 ab	58,28 ab		4	
9	0,13 bc	87	0,75 c	78	3041,0 a	59,21 ab		1	
10	0,06 c	93	0,60 c	82	3073,8 a	60,61 a		0	
11	0,16 bc	83	0,85 c	75	2972,7 ab	58,58 ab		3	
C.V. (%) <sup>3</sup>	4,05		6,59		5,43	1,89			

<sup>1</sup>Tratamentos

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>3</sup>Coeficiente de variação em porcentagem.

## 4 CONCLUSÕES

A aplicação sequencial com Carbendazim interfere positivamente no controle da giberela na cultura do trigo, apresentado eficiência de controle superior aos tratamentos que receberam aplicação de um único fungicida, tendo o fungicida Piraclostrobina + Metconazol se destacado em relação aos demais, garantindo também, melhor rendimento e peso hectolitro da cultura.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 05 de dez. de 2017.

BUTRINOWSKI, R. T. **Novas tecnologias para o controle da giberela do trigo safra 2014 no Sudoeste do Paraná.** . 2015. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

CANTERI, M. G. *et al.* SASM - Agri: : Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Rev. Bras. de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, 3 dez. 2001. p. 18-24.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, v.5 – safra 2017/18, n.3 – terceiro levantamento, Brasília, 2017. 130p.

MCMULLEN, M.; JONES, R.; GALLENBERG, D. Scab of Wheat and Barley: A Re-emerging Disease of Devastating Impact. **Plant Disease**, v. 81, n. 12, 1 dez. 1997. p. 1340-1348.

PARRY, D. W.; JENKINSON, P.; MCLEOD, L. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals: a review. **Plant Pathology**, v. 44, n. 2, 1 abr. 1995. p. 207-238.

REIS, E. M. Doenças do trigo III – **Giberela**. 2ed. revisada e ampliada, 1988, 13p.

REIS, E. M.; CASA, R.T.; FORCELINI, C.A. **Doenças do trigo**. In: KIMATI et al. Manual de Fitopatologia: Doenças de plantas cultivadas. 3. Ed. São Paulo. Agronômica Ceres. 1995, 2v:il., p. 725-736.

SANTANA, F.M. *et al.* **Eficiência de fungicida para o controle de *Giberella zae* em trigo: resultados dos Ensaios Cooperativos – safra 2015**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 9p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico online, 368).

SANTANA, F. M. *et al.* **Eficiência de fungicidas para controle de giberela em trigo: resultados dos ensaios cooperativos - safra 2012**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 10p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 336).

STACK, R.W.; McMULLEN, M.P. **A visual scale to estimate severity of Fusarium head blight in wheat**. Fargo: North Dakota State University - Agricultural Experiment Station, 1995. (Bulletin, 1095)

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, 1974. p. 415-421.

## COMPOST A BASE DE ALPERUJO COMO PARTE DE UN SUSTRATO EN PLANTINERA DE HORTALIZAS

Data de submissão: 19/10/2021

Data de aceite: 05/11/2021

**María Eugenia de Bustos**

INTA, Estación Experimental Agropecuaria  
Catamarca, Argentina  
debustos.maria@inta.gov.ar  
<https://orcid.org/0000-0001-7920-6455>

**Dante Carabajal**

INTA, Estación Experimental Agropecuaria  
Catamarca, Argentina  
<https://orcid.org/0000-0002-6586-8973>

**RESUMEN:** El alperujo es un residuo de la industria de la extracción de aceite de oliva, que compostado podría ser alternativa como parte de un sustrato. El objetivo del presente trabajo fue evaluar sustratos conformados por compost a base de alperujo sobre variables de crecimiento en plantines de hortalizas. Para ello, se usaron semillas de tomate, albahaca y acelga, las que fueron sembradas en bandejas plásticas sobre dos sustratos diferentes los cuales constituyeron los tratamientos a evaluar: Mantillo: Perlita: Compost A (CA) y Mantillo: Perlita: Compost B (CB) en proporciones iguales de volumen. El CA fue elaborado con material 100 % alperujo y el CB fue elaborado con 75 % alperujo y 25 % estiércol equino. Los

compost fueron caracterizados químicamente. A los 30 días de la siembra, se midieron variables de crecimiento en cada plantín: altura, diámetro del tallo a un centímetro de la base y peso seco total. La eficiencia relativa, permitió comparar un sustrato en relación a otro en cada variable. Los resultados muestran que para la variable altura de los plantines, el sustrato que contenía CB fue 48 %, 13 % y 106 % más eficiente respecto al CA en tomate, albahaca y acelga respectivamente. Para la variable diámetro del tallo, se observa que el sustrato compuesto por CB fue 162 % y 23 % más eficiente respecto al CA en tomate y albahaca, mientras que el diámetro para acelga no fue determinado. Finalmente, para la variable peso seco el tomate fue más eficiente un 169 % con CB, mientras que la eficiencia para albahaca y acelga fue 66 % y 59 %. Por lo observado se puede concluir que el sustrato compuesto con CB permitió un mejor desempeño en el crecimiento de los plantines de tomate y acelga.

**PALABRAS CLAVE:** Residuos olivícolas. Compostaje. Plantinera.

### COMPOST BASED ON ALPERUJO AS PART OF A SUBSTRATE IN PLANTINERY OF VEGETABLES

**ABSTRACT:** Alperujo is a residue from the olive oil extraction industry, which composted could be an alternative as part of a substrate. The objective of this work was to evaluate

substrates made of compost based on alperujo on growth variables in vegetable seedlings. To do so, tomato, basil and chard seeds were used, which were sown in plastic trays on two different substrates which constituted the treatments to be evaluated: topsoil: perlite: Compost A (CA) and topsoil: Perlite: Compost B (CB) in equal proportions of volume. The CA was made of 100% alperujo material and the CB was made of 75% alperujo and 25% equine manure. Composts were chemically characterized. At 30 days after sowing, growth variables were measured in each seedling: height, stem diameter at one centimeter from the base and total dry weight. The relative efficiency, allowed comparing a substrate in relation to another in each variable. The results show that for the seedling height variable, the substrate containing CB was 48%, 13% and 106% more efficient compared to CA in tomato, basil and chard, respectively. For the stem diameter variable, it is observed that the substrate composed of CB was 162% and 23% more efficient with respect to CA in tomato and basil, while the diameter for chard was not determined. Finally, for the dry weight variable, tomato was more efficient in a 169% in BC, while the efficiency for basil and chard was 66% and 59%. From what has been observed, it may be concluded that the substrate composed of CB allowed a better performance in the growth of tomato and chard seedlings.

**KEYWORDS:** Olive waste. Composting. Seedling.

## 1 INTRODUCCIÓN

El alperujo es un residuo de la industria de la extracción de aceite de oliva por sistema de dos fases (Montalván y Molina, 2012). Catamarca genera grandes volúmenes de este residuo con valor potencial, pero en la mayoría de los casos las empresas aceiteras no hacen utilización del mismo (de Bustos *et al.*, 2015).

Este residuo tiene propiedades químicas que lo hacen interesante como fertilizante orgánico de manera directa en las dosis adecuadas (de Bustos *et al.*, 2018). Sin embargo, para plantear la composición de un sustrato, una condición del material a utilizar es la estabilidad que asegure la ausencia de fitotoxicidad del soporte estructurado para la germinación y crecimiento de la especie deseada en el contenedor (Barbaro y Karlanian, 2012).

El compostaje se presenta como un método para gestionar y dar valor a los residuos de distintos orígenes y calidades, cuyo proceso permite eliminar patógenos, semillas de malezas, inestabilidad de sustancias orgánicas y contaminantes (Lavado, R. 2012). Éste proceso biooxidativo controlado, es llevado adelante por microorganismos sobre un sustrato orgánico, dando lugar a un producto estable, inocuo e inodoro denominado compost (Mazzarino *et al.*, 2012).

Según Vence (2008), un sustrato para plantas es todo material poroso que usado sólo o en combinación con otros, en un contenedor, proporciona anclaje, agua y oxígeno para el óptimo desarrollo de plantas que crecen en él. Ruano Martínez (2008), lo

define como un medio de origen orgánico, inorgánico o mezcla de ambos, cuya función fundamental es dar soporte físico al plantín.

Algunos autores definen cuales serían las propiedades físicas, químicas y biológicas que deberían tener los sustratos utilizados (sustrato ideal), pero a nivel práctico aspectos claves como precio, disponibilidad, finalidad y manejo son fundamentales para el éxito o fracaso de los mismos (Pastor Sáez, 1999).

En Catamarca la mayoría de las plantineras elaboran los sustratos con grandes proporciones de turba, material orgánico que importan desde otras provincias, siendo este insumo uno de los que más impactan en el costo del plantín (Carabajal com. pers.). Por ello, la importancia de este trabajo reside en la valorización de residuos locales compostados para la conformación de sustratos de bajo costo.

Hasta el momento, no se evaluó el efecto de los sustratos conformados con compost a base de alperujo sobre variables de crecimiento en plantines de hortalizas. Para investigar la viabilidad de esta nueva propuesta, se planteó el objetivo del presente trabajo que fue evaluar sustratos conformados por compost a base de alperujo sobre variables de crecimiento en plantines de hortalizas.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se ubicó en el invernáculo de bioseguridad de la EEA-Catamarca, INTA. La Experimental está localizada en Sumalao, depto. Valle Viejo, ruta prov. 33 4,5 Km.

El 15 de noviembre del 2017, semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y acelga (*Beta vulgaris* sp) provistas por el programa prohuerta de INTA fueron colocadas en bandejas plásticas (speedling). Cada bandeja de siembra tiene capacidad para 40 plantines; las celdas de siembra con forma de cilindro cuyo volumen aproximado es de 140 cc.

Dieciocho bandejas fueron llenadas manteniendo igual humedad y compactación, con dos sustratos diferentes los cuales constituyeron los tratamientos a evaluar: 1) Mantillo: (M): Perlita (P): Compost A (CA) y 2) 1) Mantillo (M): Perlita (P): Compost B (CB) en proporciones iguales de volumen 1:1:1.

Los compost de las mezclas fueron obtenidos de la planta de compostaje de la experimental, con procesos que superaron los 150 días hasta la estabilización [10]. El CA fue elaborado con material 100 % alperujo y el CB fue elaborado con 75 % alperujo y 25 % estiércol equino, cuyos análisis químicos se muestran a continuación (tabla 1).

Tabla 1. Variables químicas de dos compost utilizados en la conformación del sustrato.

Compost	Variables químicas		
	Cenizas (%)	MO (%)	N (%)
CA	17	83	1,83
CB	40	60	2,17
Compost	C/N	P (%)	K (%)
	CA	25	0,42
CB	15	0,75	2,82
Compost	Ca (%)	Mg (%)	
	CA	0,87	0,67
CB	2,59	1,21	
Compost	pH	CE (dS/m)	
	CA	9,7	5,41
CB	9,5	3,63	

MO: materia orgánica total; N: nitrógeno total; C/N: relación carbono nitrógeno; P: fósforo total; K: potasio total; Ca: calcio total; Mg: magnesio total; pH: potencial hidrógeno; CE: conductividad eléctrica.

A los 30 días de la siembra (momento de venta en viveros), se midieron algunas variables respuesta indicadoras del crecimiento en cada plantín: altura (A; cm), diámetro del tallo a un centímetro de la base (D; mm) y peso seco total (PS; g).

El manejo general fue, riegos en forma de lluvia cada dos días, y no se aplicaron fertilizantes, ni otros agroquímicos (insecticidas, funguicidas, etc.). A las 2 semanas de emergencia se realizó raleo de plantas, dejando una por celda. El poder germinativo varió según la especie, siendo 98 % en tomate, 85 % en albahaca y 45 % en acelga.

Finalmente, para la comparación de los tratamientos se usó la media de las variables evaluadas, sacando el diferencial de cada variable en relación al valor medio menor. La eficiencia relativa del sustrato cuya fórmula se presenta a continuación, permitió comparar un sustrato en relación a otro en cada variable.

$$Es(\%) = \frac{\bar{X}(M) - \bar{X}(m)}{\bar{X}(m)} * 100$$

Donde,  $Es(\%)$  : Eficiencia relativa del sustrato;  $\bar{X}(M)$  : valor medio mayor de la variable respuesta en un sustrato;  $\bar{X}(m)$  : valor medio menor de la variable respuesta en otro sustrato.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que para la variable altura de los plantines (tabla 2), el sustrato que contenía CB fue 48 %, 13 % y 106 % más eficiente respecto al CA en tomate,

albahaca y acelga respectivamente. Siendo el tomate y la acelga las especies que más diferencias mostraron para esta variable ante el cambio de compost.

Tabla 2. Altura media (A) a los 30 días y eficiencia relativa del sustrato para la altura (EsA) en tomate, albahaca y acelga.

Especies	Variable	
<b>Tomate</b>	A (cm)	(EsA; %)
M:P:CA	21,80	48
M:P:CB	32,25	
<b>Albahaca</b>	A (cm)	(EsA; %)
M:P:CA	18,52	13
M:P:CB	20,93	
<b>Acelga</b>	A (cm)	(EsA; %)
M:P:CA	9,83	106
M:P:CB	20,25	

Para la variable diámetro del tallo (tabla 3), se observa que el sustrato compuesto por CB fue 162 % y 23 % más eficiente respecto al CA en tomate y albahaca respectivamente. Para esta variable, la especie más afectada ante el cambio de sustrato fue el tomate. El diámetro para la acelga no fue determinado por su característica particular de baja elongación.

Tabla 3. Diámetro del tallo medio (D) a los 30 días y eficiencia relativa del sustrato para el diámetro (EsD) en tomate, albahaca y acelga.

Especies	Variable	
<b>Tomate</b>	D (mm)	(EsD; %)
M:P:CA	3,40	162
M:P:CB	8,9	
<b>Albahaca</b>	D (mm)	(EsD; %)
M:P:CA	1,82	23
M:P:CB	2,23	
<b>Acelga</b>	D (mm)	(EsD; %)
M:P:CA	s/d	s/d
M:P:CB	s/d	

En la Tabla 4, se observa que para la variable peso seco, el tomate fue más eficiente en el CB un 169 %, mientras que la eficiencia para albahaca y acelga fue semejante 66 % y 59 % respectivamente.

Tabla 4. Peso seco medio (PS) a los 30 días y eficiencia relativa del sustrato para el peso seco (EsPS) en tomate, albahaca y acelga.

Especies	Variable	
<b>Tomate</b>	PS (mm)	(EsPS; %)
M:P:CA	0,35	169
M:P:CB	0,94	
<b>Albahaca</b>	PS (mm)	(EsPS; %)
M:P:CA	0,41	66
M:P:CB	0,68	
<b>Acelga</b>	PS (mm)	(EsPS; %)
M:P:CA	0,27	59
M:P:CB	0,43	

Si se analiza los resultados obtenidos con las características químicas de los compost, se puede decir que el principal factor que influyó el crecimiento del tomate y la acelga fue el contenido mayor de nitrógeno disponible en el CB. Al respecto Bouzo et al., (2003) expresa que los requerimientos de nitrógeno en tomate y acelga son mayores en relación a otras hortalizas.

Por otra parte, Barbaro y Karlanian (2012) señalan la importancia de mezclar con otros materiales, a los compost con CE mayores 1 dS/m (en suspensión 1:5). Al respecto se observa que CA tiene CE mayor a 5 dS/m, la mezcla con otro material inerte (perlita) seguro diluyó la concentración. Algunos autores mencionan la mayor tolerancia de la albahaca a las sales en relación a la acelga y tomate, factor que pudo haber condicionado la eficiencia de una especie hortícola respecto a otra (Goykovic Cortés y Saavedra del Real, 2007; Reyes-Pérez et al., 2013) en los diferentes sustratos.

Por lo observado se puede concluir que los plantines de tomate y acelga fueron los más afectados por el tipo de compost que conformó el sustrato. Siendo el CB el que aportó mejores características en la composición del sustrato M: P: CB, que fue el más adecuado en la producción de hortalizas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbaro, L.A. y M.A. Karlanian. 2012. Uso de compost en la formulación de sustratos para plantas. En: Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso 177-184 pág. Ed. Mazzarino y Satti. 349 pp. ISBN 978-987-9260-93-7.

Bouzo, C.A.; Astegiano, E. D. y J.C. Favaro. 2003. Procedimiento para predecir la necesidad de abonos en cultivos hortícolas. Revista FAVE - Ciencias Agrarias 2: 7-19.

de Bustos, M.E.; Montalván, D. y C. Matías. 2015. Residuo generado por la agroindustria de olivícola en el Valle Central de Catamarca. En actas de IX Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos (soporte CD). ISBN 1851-3794.

de Bustos, M.E.; Alurralde, A.L. y A. Hammann. 2018. Experiencias de uso de alperujo como abono en la provincia de Catamarca. Edición INTA. 24 pp. ISBN 978-987-521-901-4.

Goykovic Cortés, V. y G. Saavedra del Real. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. IDESIA 25 (3): 47-58.

Lavado, R. 2012. Origen del compost, proceso de compostaje y potencial de uso. En: Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso 3-12 pág. Ed. Mazzarino y Satti. 349 pp. ISBN 978-987-9260-93-7.

Mazzarino, M.J.; Satti, P. y L. Roselli. 2012. Indicadores de estabilidad, madurez y calidad de compost. En: Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso 13-28 pág. Ed. Mazzarino y Satti. 349 pp. ISBN 978-987-9260-93-7.

Montalván, D. y P. Molina. 2012. Proceso de extracción de aceite de oliva. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. CR- Catamarca, La Rioja. <http://inta.gov.ar/documentos/proceso-de-extraccion-de-aceite-de-oliva> [acceso 5 de Mayo de 2018].

Pastor Sáez, N.J. 1999. Utilización de sustratos en vivero. Terra Latinoamericana 17: 231-235.

Reyes-Pérez, J.J.; Murillo Amador, B.; Nieto Garibay, A.; Troyo Diéguez, E.; Reynaldo Escobar, M.I.; Rueda Puente, E.O. y J.L. García Hernández. 2013. Tolerancia a la salinidad en variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento inicial. Universidad y ciencia 29(2): 101-112.

Ruano Martínez, JR. 2008. Cultivo de brizales forestales en envase. Sustrato o medio de cultivo. En: Viveros forestales. 2da edn Pp. 121-147. Mundi-prensa libro S.A. Madrid. 289 pp.

Vence, BL. 2008. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. Ciencia del Suelo 26: 105-114.

## CAPÍTULO 22

### TECNOLOGIAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO: MONITORIZAÇÃO DO EFEITO DAS ÁRVORES SOBRE A PRODUTIVIDADE E SOBRE A QUALIDADE DA PASTAGEM

Data de submissão: 07/09/2021

Data de aceite: 21/09/2021

**João Serrano**

MED-Mediterranean Institute for Agriculture  
Environment and Development  
Instituto de Investigação e  
Formação Avançada (IIFA)  
University of Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94  
Évora 7006-554, Portugal  
<https://orcid.org/0000-0001-5178-8158>

**RESUMO:** Este estudo foi realizado numa parcela de pastagem de 2,3 ha, sob montado de azinho (*Quercus ilex ssp. rotundifolia* Lam.), situada na Herdade da Mitra. Foram seleccionadas seis árvores tendo-se georreferenciado quatro pontos de amostragem em cada árvore (dois fora da copa e dois debaixo da copa). Em cada ponto de amostragem e em cinco momentos ao longo do ciclo vegetativo da pastagem (Dezembro de 2015, Março, Abril, Maio e Junho de 2016) realizou-se a monitorização dos índices de vegetação (NDVI), da capacitância, da produtividade (matéria verde e matéria seca por hectare), da qualidade da pastagem (cinzas totais, proteína bruta e fibra) e da composição florística. Os resultados obtidos mostraram que a produtividade da pastagem

foi mais elevada fora da copa das árvores enquanto os teores de proteína bruta foram mais elevados debaixo da copa das árvores. A sombra originou diferenças significativas ao nível da composição florística o que, associado ao retardar da evolução do ciclo vegetativo contribuiu para maior qualidade da pastagem em cada momento de amostragem. As medições do NDVI e da capacitância revelaram correlações significativas com a produtividade da pastagem e com alguns parâmetros de qualidade. Estes resultados mostram que a incorporação de tecnologias de monitorização expedita da pastagem apresenta potencial para apoio à tomada de decisão do gestor agrícola, nomeadamente, em termos de fertilização/correção do solo, do levantamento/preservação da biodiversidade de espécies botânicas, adensamento dos povoamentos arbóreos ou cálculos de encabeçamentos animais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecossistema de montado. Composição florística. Sensor óptico activo. Sonda de capacitância.

TECHNOLOGIES OF AGRICULTURE OF  
PRECISION; MONITORING THE EFFECT  
OF TREES ON THE PRODUCTIVITY AND  
QUALITY OF PASTURE

**ABSTRACT:** This study was carried out on a 2.3 ha pasture field with oak trees (*Quercus ilex ssp. rotundifolia* Lam.), located at the Herdade of Mitra. Six trees were selected,

and four sampling points were georeferenced for each tree (two points outside the canopy and two under the canopy). On five occasions during the growth season of the pasture (December 2015, March, April, May and June 2016) the vegetative indexes (NDVI), capacitance, productivity (green matter and dry matter production per hectare), pasture quality (total ashes, crude protein and fibre) and plant composition were monitored at each sampling point. The results show that the productivity of the pasture was highest outside the tree canopy while the crude protein content was higher under the tree canopy. Shadow originated significant differences at the level of plant composition, which, associated with a slowing of the evolution of the vegetative cycle, contributed to higher pasture quality at every sampling point. The measurements of NDVI and capacitance showed significant correlations with the pasture productivity and with some quality parameters. These results show that the incorporation of quick pasture monitoring technologies has potential to help the farmer as a decision making support tool, namely, in terms of fertilization, soil amendment, survey and preservation of pasture plant biodiversity, improved tree density or calculation of animal density.

**KEYWORDS:** Montado ecosystem. Plant composition. Active optical sensor. Capacitance sensor.

## 1 INTRODUÇÃO

A aplicação de sensores e técnicas expeditas nos sistemas de produção animal é difícil devido à complexidade associada, relacionada com a elevada variabilidade espacial e temporal da composição florística, em resposta a factores como o pastoreio animal, a precipitação, a fertilidade ou a humidade do solo (Pullanagari et al., 2013). O sucesso de tecnologias de agricultura de precisão em pastagens encontra-se associado à integração da informação fornecida por múltiplos sensores para monitorização das plantas, do solo e da dinâmica de pastoreio dos animais. Estas medições permitem ao gestor agrícola ter um melhor conhecimento do ecossistema e formular a estratégia de gestão mais apropriada em termos de rotação de parcelas em pastoreio ou da fertilização do solo.

A amostragem tradicional do solo e da pastagem e as necessárias análises laboratoriais são um processo demorado e caro, inviável numa perspectiva prática, conduzindo ao crescente interesse em métodos expeditos de monitorização (Handcock et al., 2016). No entanto, o baixo valor económico das pastagens e a variabilidade característica do ecossistema de montado, acentuada pela presença de árvores e pela dinâmica de pastoreio animal (Schellberg et al., 2008), colocam dificuldades adicionais. Esta área, todavia, pode beneficiar dos desenvolvimentos tecnológicos que têm sido introduzidos especialmente nas culturas de cereais nas últimas décadas (Schellberg et al., 2008).

A detecção remota, particularmente as imagens hiper-espectrais, têm sido consideradas ferramentas não destrutivas promissoras para estimar a concentração de nutrientes nas plantas. Para além da informação espacial, oferece um meio eficiente e

barato para cartografar a concentração de nutrientes na pastagem em grandes áreas. Pullanagari et al. (2013) concluíram que a detecção remota multi-espectral tem potencial para estimar a qualidade da pastagem de forma expedita no campo, sem necessidade de amostragem destrutiva. A detecção remota através de satélite constitui, por isso, uma interessante perspectiva devido à escala da resposta, à velocidade de processamento e ao baixo custo. As imagens de satélite com diferentes características geométricas e espectrais (por exemplo, “Landsat 8” ou “Sentinel-2”) são exemplos com aplicações no sistema de montado. No entanto, no ecossistema de montado, as imagens de satélite apresentam a desvantagem de não permitirem o acesso à pastagem que se encontra debaixo da copa das árvores.

A solução para cartografar a variabilidade em pastagens nestas condições, em particular para avaliar o efeito das árvores no desenvolvimento da pastagem, pode passar pela utilização de sensores próximos e técnicas não destrutivas, fundamentais na monitorização de extensas áreas (Handcock et al., 2016). Apesar dos sensores próximos não apresentarem a escala de cobertura que é proporcionada pelas imagens de satélite, quando montados em plataformas móveis (moto 4, por exemplo), estes sensores apresentam o potencial para apresentar dados em contínuo, captando mudanças bruscas na proporção da vegetação fotossinteticamente activa e fornecendo dados para uma gestão mais responsável (Handcock et al., 2016). Sensores ópticos activos (Active Optical Sensors, AOS) e sondas de capacitância são alguns exemplos de desenvolvimentos tecnológicos, normalmente combinados com sistemas globais de navegação por satélite (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) e sistemas de informação geográfica (Geographical Information Systems, GIS). Foram desenvolvidos vários índices de vegetação, obtidos por detecção remota ou próxima, testados para estimar e comparar diversas propriedades da vegetação. O NDVI, medido por sensores ópticos próximos, apresenta correlações com o vigor vegetativo das plantas, podendo representar um meio rápido para obter a cartografia detalhada das culturas (Gitelson, 2004). No caso específico das pastagens, a relação entre a produtividade e a capacitância (Corrected Meter Reading, CMR) medida pela sonda “Grassmaster II” é influenciada por vários factores como a composição florística, o estado fenológico ou o teor de humidade da pastagem, dinâmica natural da vegetação que justifica o interesse em estudos de calibração.

Este trabalho teve como objectivos principais (i) avaliar o efeito das árvores sobre a produtividade e a qualidade da pastagem; (ii) avaliar sensores próximos com potencial para monitorizar de forma expedita aspectos relacionados com a variabilidade espacial e temporal da produtividade e da qualidade da pastagem.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 PARCELA DE ESTUDO

A parcela de estudo, com uma área de 2,3ha, localiza-se na Herdade da Mitra (coordenadas 38°32,2'N; 8°01,1'W), da Universidade de Évora, na região Sul de Portugal. Trata-se de uma parcela de montado de azinho (*Quercus ilex ssp. rotundifolia* Lam.), com reduzida densidade (8 árvores por hectare), e pastagem permanente pastoreada por 15 ovinos *Merino Preto* em sistema rotacional.

Na parcela foram identificadas seis árvores que foram seleccionadas para estudo. Em cada uma destas foram instaladas 4 caixas de exclusão de pastoreio, duas fora da copa (FCA) e duas debaixo da copa (DCA), num total de vinte e quatro pontos de amostragem.

### 2.2 AMOSTRAGEM DA PASTAGEM

A amostragem da pastagem consistiu na medição dos índices de vegetação, da capacitância, da produtividade, da qualidade e da composição florística. Este processo decorreu em cinco momentos: no final do Outono (Dezembro de 2015), no final do Inverno (Março de 2016), e mensalmente durante a Primavera (Abril, Maio e Junho).

#### 2.2.1 Medição dos índices de vegetação

Foi utilizado um sensor óptico activo (OAS) OptRx®, fabricado pela Ag Leader (2202 South River Side Drive Ames, IOWA 50010, USA), associado a um receptor GNSS Trimble (GeoExplorer 6000) e uma bateria portátil. O sensor, colocado a 0,75m acima do solo mediui três bandas de infravermelhos: i) RED; ii) RED EDGE; e iii) NIR. Com duas destas bandas foi possível calcular o NDVI, Equação (1):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Mais detalhe pode ser consultado em Serrano et al. (2016a).

#### 2.2.2 Medição da capacitância

As medições foram realizadas com a sonda Grassmaster II, precedidas por uma correcção à humidade do ar. Dez leituras da capacitância (corrected meter readings, CMR) foram realizadas em cada ponto de amostragem. Maior detalhe pode ser consultado em Serrano et al. (2016b).

### 2.2.3 Medição da produtividade, da qualidade e da composição florística da pastagem

Após a recolha de informação com os sensores, o operador colocou sobre a pastagem, em cada ponto de amostragem, um aro metálico com 0,1 m<sup>2</sup> de área (dimensões 0,40 m x 0,25 m). A pastagem dentro desta área foi cortada com uma tesoura eléctrica e guardada em sacos de plástico. Em laboratório, a pastagem foi pesada, desidratada (72 h at 65°C) e pesada novamente para estabelecer a produtividade da pastagem (kg MV ha<sup>-1</sup> e kg MS ha<sup>-1</sup>), de acordo com metodologia standard (Serrano et al., 2016b). As amostras desidratadas foram submetidas a análise dos teores em cinzas totais (CT), proteína bruta (PB) e fibra (NDF).

No período de floração (entre Abril e Maio de 2016), foi realizado, por uma especialista em Biologia da Conservação, o levantamento das espécies botânicas em cada ponto de amostragem. Esta informação foi depois convertida em percentagem de cobertura da área de amostragem.

## 2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

A análise estatística dos resultados incluiu a análise descritiva com o cálculo da média, do desvio padrão, do coeficiente de variação e do intervalo de variação de cada conjunto de dados da pastagem. Os procedimentos estatísticos foram realizados com o programa “MSTAT-C”, com um nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ). Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) e foi utilizado o teste de Fischer (“LSD- least square differences”) para determinar as diferenças significativas entre médias nas duas condições de ensaio (fora da copa e debaixo da copa). Foi utilizada análise de regressão para avaliar a correlação entre as variáveis da pastagem e os parâmetros medidos pelos sensores.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 EFEITO DAS ÁRVORES SOBRE A PRODUTIVIDADE DA PASTAGEM

O Quadro 1 mostra a evolução da produtividade da pastagem (matéria verde, MV, e da matéria seca, MS, em kg ha<sup>-1</sup>) ao longo do seu ciclo vegetativo, nas duas situações em estudo (debaixo da copa das árvores e fora da copa das árvores). O padrão corresponde ao comportamento típico em pastagens de sequeiro em condições de clima Mediterrânico, com um pico de produção no final da Primavera (Maio/Junho). Durante o Inverno, que coincide com o período de menor crescimento, não se verificaram diferenças significativas na produção de biomassa nas duas situações (DCA e FCA),

o que está em linha com o estudo de Benavides et al. (2009). É possível verificar, no entanto, diferenças significativas entre Março e Junho favorecendo a produtividade (MV e MS) fora da copa das árvores. A sombra das árvores exerce um efeito directo sobre os aspectos fenológicos, mas também sobre a produtividade da pastagem (Marcos et al., 2007). O nível de sombra e a sua duração (e a consequente intercepção de luz) são factores determinantes no efeito negativo sobre a produtividade das pastagens debaixo da copa das árvores (Somarriba, 1988; Guevara-Escobar et al., 2007; Benavides et al., 2009; Hussain et al., 2009).

### 3.2 EFEITO DAS ÁRVORES SOBRE A QUALIDADE DA PASTAGEM

As árvores afectam não só a produtividade mas também a qualidade das pastagens. A Figura 1 mostra a evolução dos parâmetros de qualidade da pastagem (CT, PB e NDF) nas duas situações em estudo, ao longo do ciclo vegetativo. O padrão típico nestas condições reflecte uma redução do valor nutritivo da pastagem ao longo da Primavera (redução da PB e das CT e aumento da fibra). Por outro lado, registaram-se diferenças significativas nos parâmetros de qualidade da pastagem entre Março e Abril (CT e NDF) ou entre Março e Maio (PB), com influência positiva da copa das árvores. De acordo com vários autores (Jackson e Ash 1998; Marcos et al. 2007), a reciclagem de nutrientes e o aumento da fertilidade do solo são consideradas as causas da melhor qualidade da pastagem debaixo das árvores. Benavides et al. (2009) consideram que a falta de luz, as mais baixas temperaturas e a menor humidade do solo atrasam o desenvolvimento da pastagem debaixo das árvores, permanecendo fisiologicamente mais jovens e mantendo altos níveis metabólicos por um período de tempo mais longo, originando diferenças nos parâmetros de qualidade. Guevara-Escobar et al. (2007) referem que as árvores originam também diferenças importantes ao nível da composição florística da pastagem, o que se reflecte a qualidade da mesma. Pullanagari et al. (2013) registaram valores mais altos de PB na pastagem debaixo das árvores, tendo justificado este aumento pela menor exposição à luz solar. Esta redução da exposição solar provoca uma diminuição da fotossíntese, com o consequente aumento da concentração de azoto e da mineralização da matéria orgânica (Gómez-Rey et al., 2012; Pullanagari et al., 2013). Em relação à fibra (NDF), que está inversamente relacionada com a capacidade de ingestão dos animais, geralmente atinge níveis semelhantes debaixo e fora da copa das árvores (Benavides et al., 2009; Pullanagari et al. 2013), o que está de acordo com os resultados obtidos neste estudo.

Quadro 1. Parâmetros da produtividade da pastagem ao longo do ciclo vegetativo, nas duas situações em estudo, debaixo da copa das árvores (DCA) e fora da copa das árvores (FCA).

Parâmetros da pastagem	DCA	FCA	Probabilidade
<i>MV, kg ha<sup>-1</sup></i>			
21/12/2015	2005±2352	3675±3565	ns
15/03/2016	8747±4210	14106±7095	0,0307
28/04/2016	12403±3910	21403±9128	0,0002
25/05/2016	15148±5856	33149±13221	0,0000
16/06/2016	6017±3122	15990±4888	0,0000
<i>MS, kg ha<sup>-1</sup></i>			
21/12/2015	437±483	425±425	ns
15/03/2016	1232±554	1868±661	0,0162
28/04/2016	1804±546	2987±1195	0,0001
25/05/2016	2751±910	3582±961	0,0734
16/06/2016	2363±1017	6191±1791	0,0000

MV- Matéria verde; MS- Matéria seca; ns- Diferenças não significativas.

### 3.3 EFEITO DAS ÁRVORES SOBRE A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DA PASTAGEM

A Figura 2 mostra as espécies botânicas predominantes (percentagem média de cobertura) na Primavera de 2016 nas duas situações em estudo (DCA e FCA). Pode verificar-se que as dez espécies botânicas mais frequentes presentes no conjunto dos vinte e quatro pontos de amostragem foram: *Erodium moschatum* da família *Geraniaceae* – outras (DCA= 40,2%; FCA= 15,6%); *Chamaemelum mixtum* família *Asteraceae* – compósitas (DCA = 6,9%; FCA= 17,0%); *Leontodon taraxacoides* família *Asteraceae* – compósitas (DCA = 6,2%; FCA= 12,3%); *Gramínea* sp. família *Poaceae* – gramíneas (DCA = 12,9%; FCA= 1,6%); *Vulpia* sp. família *Poaceae* - gramíneas (DCA = 11,1%; FCA = 3,3%); *Plantago coronopus* família *Plantaginaceae* – outras (DCA = 1,8%; FCA = 8,5%); *Trifolium resupinatum* família *Fabaceae* - leguminosas (DCA = 0,5%; FCA = 9,6%); *Diploaxis cahotica* família *Brassicaceae* - outras (DCA= 0,6%; FCA = 6,3%); *Rumex bucephalophorus* família *Polygonaceae* - outras (DCA = 0,2%; FCA = 5,9%); e *Trifolium repens* família *Fabaceae* - leguminosas (DCA = 1,4%; FCA = 4,2%). Estas dez espécies representam 81,8% da cobertura total sob a copa das árvores e 84,3% fora da copa das árvores. Esta distribuição apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as duas situações em estudo, com maior predominância de plantas da família das compósitas e das leguminosas fora da copa das árvores e maior predominância das gramíneas debaixo da copa das árvores. De acordo com Benavides et al. (2009) a composição botânica da pastagem debaixo da copa das árvores geralmente deteriora-se ao longo do tempo por declínio de leguminosas e aumento da proporção de material vegetal seco. Para os mesmos autores, a percentagem global de cobertura com gramíneas tende a aumentar debaixo da copa das árvores devido à sua maior tolerância à sombra e ao maior desenvolvimento fenológico no Inverno e na Primavera.

Figura 1. Qualidade da pastagem: cinzas totais (CT), proteína bruta (PB) e fibra (NDF), debaixo e fora da copa das árvores (DCA e FCA, respectivamente), entre Março e Junho de 2016. (\*\*- Diferenças significativas,  $p < 0,01$ ; \*- Diferenças significativas,  $p < 0,05$ ; ns- Diferenças não significativas).

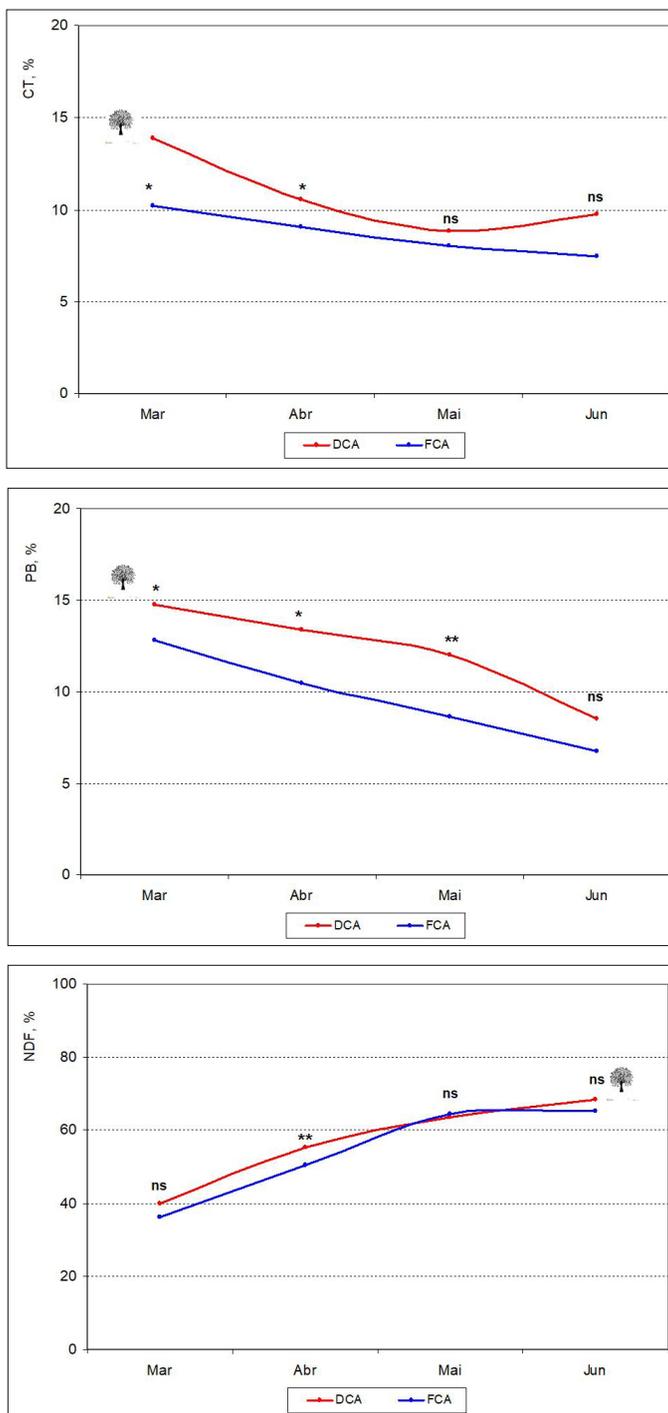
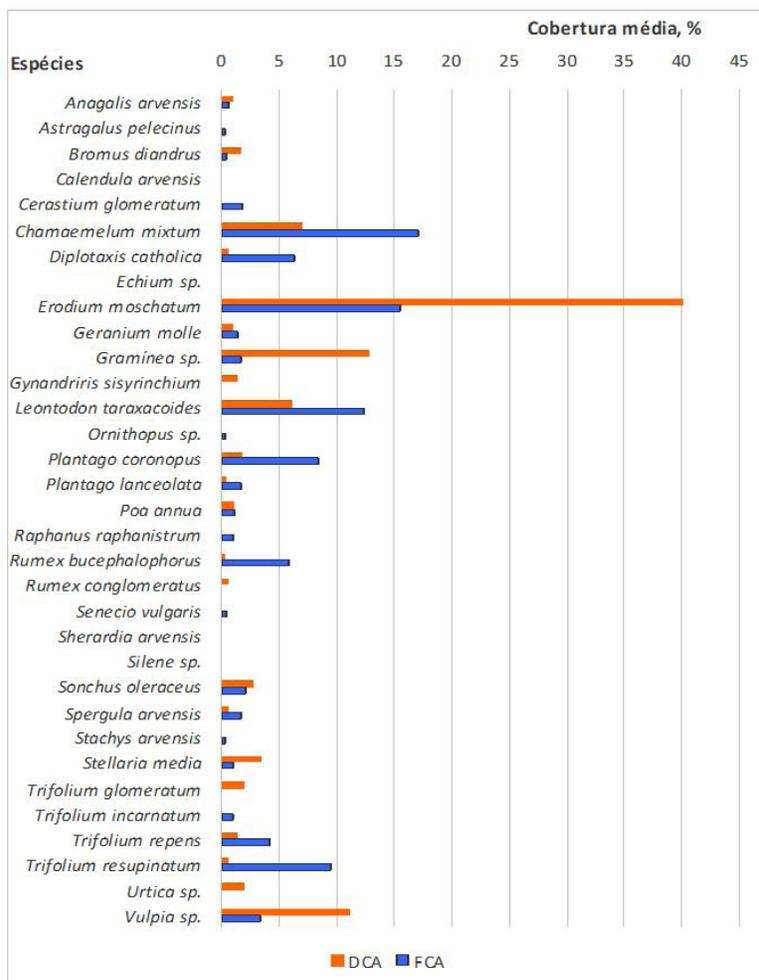


Figura 2. Espécies botânicas predominantes na Primavera de 2016 nas duas situações em estudo (debaixo da copa das árvores, DCA e fora da copa das árvores, FCA).



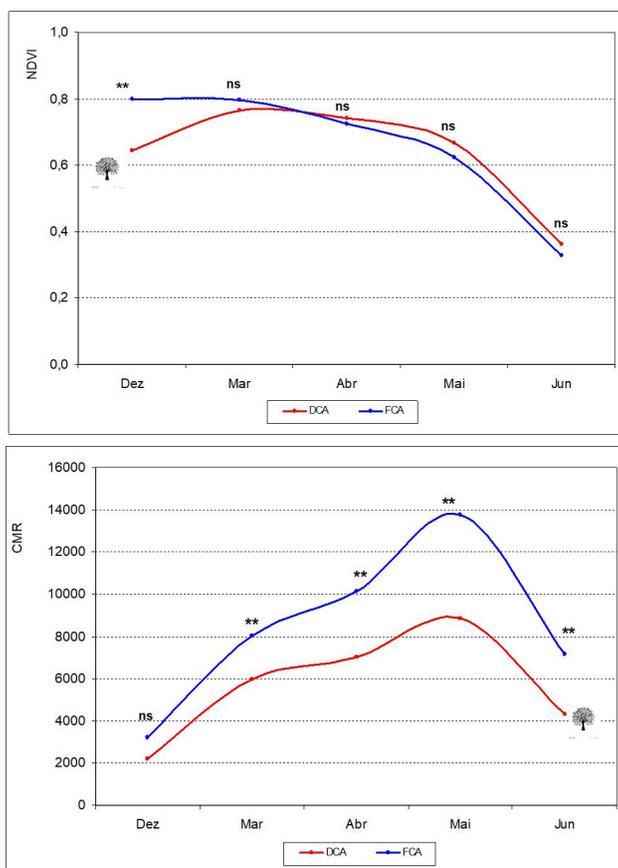
### 3.4 CORRELAÇÃO ENTRE AS MEDIÇÕES REALIZADAS PELOS SENSORES, A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DA PASTAGEM

A Figura 3 mostra a evolução do NDVI e da capacitância (CMR) nas duas situações em estudo, ao longo do ciclo vegetativo. Em média, verifica-se uma tendência de diminuição do NDVI ao longo do ciclo vegetativo, entre Dezembro e Junho, o que reflecte o correspondente decréscimo no vigor vegetativo da pastagem (Gitelson, 2004; Serrano et al., 2016a). Neste estudo os padrões de evolução do NDVI são semelhantes debaixo e fora da copa das árvores. Por outro lado, a capacitância aumenta entre Dezembro e Maio, diminuindo em Junho, com valores significativamente mais elevados fora da copa das árvores, padrão semelhante ao da produtividade da pastagem (MV).

Os métodos convencionais utilizados para determinar a produtividade e a qualidade da pastagem exigem recolhas de campo, seguidas de processamento laboratorial, processos demorados e caros (Pullanagari et al., 2013), daí o interesse em avaliar ferramentas expeditas. O Quadro 2 apresenta os coeficientes de correlação entre os parâmetros obtidos por múltiplos sensores e parâmetros de produtividade e de qualidade da pastagem no conjunto de todos os pontos de amostragem utilizados neste estudo.

As melhores e mais consistentes correlações foram obtidas entre a capacitância e a produtividade da pastagem (MV e MS). Estas foram significativas em todos os momentos de avaliação (entre Dezembro de 2015 e Junho de 2016, com coeficientes de correlação entre 0,606 e 0,818,  $p < 0,01$ ). Estes resultados confirmam o interesse prático da sonda de capacitância “Grassmaster II” como método expedito de estimativa da produtividade em pastagens Mediterrânicas do Sul de Portugal e estão em linha com anteriores estudos de Serrano et al. (2016a, 2016b).

Figura 3. Evolução das medições do NDVI e da capacitância (CMR), debaixo e fora da copa das árvores (DCA e FCA, respectivamente), entre Dezembro de 2015 e Junho de 2016. (\*\*- Diferenças significativas,  $p < 0,01$ ; ns- Diferenças não significativas).



No que se refere ao NDVI, as correlações com a produtividade da pastagem foram apenas altamente significativas ( $p < 0,01$ ) em Dezembro de 2015. A grande heterogeneidade das duas situações em estudo (DCA e FCA) pode ajudar a explicar estes resultados. Por outro lado, as correlações foram mais fracas quando a produtividade da pastagem aumentou, no início da Primavera. De acordo com Schaefer e Lamb (2016) as situações de produtividades elevadas podem provocar saturação na medição do NDVI.

As correlações do NDVI e da CMR com os parâmetros de qualidade da pastagem foram fracas praticamente ao longo de todo o ciclo vegetativo da pastagem. No entanto, entre Março e Maio, o NDVI mostrou correlações relativamente fortes e significativas (“r” entre 0,507 e 0,587,  $p < 0,01$ ) com a PB, o que pode ser justificado pelo princípio de funcionamento do sensor óptico. O sensor “optRx” detecta vegetação com níveis mais elevados de clorofila (vegetação fotossinteticamente activa), abundante na vegetação verde, o que está correlacionado com a PB (Pullanagari et al., 2013).

Quadro 2. Coeficientes de correlação entre os parâmetros obtidos por múltiplos sensores e parâmetros de produtividade e de qualidade da pastagem no conjunto de todos os pontos de amostragem.

Parâmetros	MV, Kg ha <sup>-1</sup>	MS Kg ha <sup>-1</sup>	CT, %MS	PB, %MS	NDF, %MS
<i>NDVI</i>					
21/12/2015	0.609**	0.522**	-	-	-
15/03/2016	0.399*	0.217*	0.208*	0.507**	ns
28/04/2016	ns	-0.230*	0.548**	0.527**	ns
25/05/2016	ns	-0.416*	0.294*	0.587**	ns
16/06/2016	ns	ns	0.187*	ns	ns
<i>CMR</i>					
21/12/2015	0.786**	0.737**	-	-	-
15/03/2016	0.729**	0.738**	ns	0.285*	ns
28/04/2016	0.818**	0.794**	-0.282*	-0.291*	ns
25/05/2016	0.606**	0.689**	-0.307*	-0.472*	ns
16/06/2016	0.658**	0.626**	-0.346*	-0.321*	ns

MV- Matéria verde; MS- Matéria seca; CT- Cinzas totais; PB- Proteína bruta; NDF- Fibra; \*\*- Diferenças significativas,  $p < 0,01$ ; \*- Diferenças significativas,  $p < 0,05$ ; ns- Diferenças não significativas.

## 4 CONCLUSÕES

Actualmente a agricultura enfrenta desafios de competitividade que exigem do gestor agrícola o conhecimento actualizado das opções existentes para otimizar o processo produtivo. A sustentabilidade do ecossistema de *Montado* requer o equilíbrio entre o pastoreio animal e a regeneração de pastagens. A produção pecuária nestas condições é sustentada por pastagens nativas e biodiversas, que se caracterizam por marcada variação sazonal e espacial da biomassa, das espécies de plantas e do seu estado de desenvolvimento. É, por isso, importante a contínua monitorização desta variabilidade. Este estudo utilizou uma abordagem assente em tecnologias de detecção próxima,

sensores comerciais, para avaliar o efeito das azinheiras (*Quercus ilex ssp. rotundifolia* Lam.) sobre a produtividade e sobre a qualidade da pastagem. A produtividade apresentou valores significativamente mais elevados fora da copa das árvores, no entanto, a qualidade da pastagem (expressa em termos de proteína bruta) foi mais elevada debaixo da copa das árvores. A sombra terá atrasado o ciclo vegetativo da pastagem debaixo da copa das árvores, mantendo as plantas fisiologicamente mais jovens. Simultaneamente verificaram-se também diferenças significativas na composição florística, o que pode reflectir o efeito do microclima, das propriedades do solo e do pastoreio animal. No que se refere aos sensores próximos, os resultados deste estudo mostraram que a capacitância, medida pela sonda Grassmaster II, se correlacionou melhor com a produtividade da pastagem, enquanto o NDVI, medido pelo sensor óptico activo “OptTx”, se correlacionou melhor com a proteína bruta da pastagem. Perspectiva-se, assim, a possibilidade de desenvolver plataformas de monitorização da pastagem que integrem simultaneamente imagens de satélite (detecção remota) com sensores próximos, permitindo um melhor conhecimento das variáveis que caracterizam os sistemas pecuários extensivos.

## 5 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do Projecto UIDB/05183/2020 e pelos projectos PDR2020-101-FEADER-032167, PDR2020-101-030693 e PDR2020-101-031244 (“Programa 1.0.1-Grupos Operacionais”).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benavides, R., G. B. Douglas and K. Osoro. 2009. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry Systems*, 76: 327–350.

Gitelson, A. A. 2004. Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. *Journal of Plant Physiology*, 161 (2): 165–173.

Gómez -Rey, M. X., A. Garcês and M. Madeira. 2012. Soil organic-C accumulation and N availability under improved pastures established in Mediterranean oak woodlands. *Soil Use and Management*, 28: 497–507.

Guevara-Escobar, A., P. D. Kemp, A. D. Mackay and J. Hodgson. 2007. Pasture production and composition under poplar in a hill environment in New Zealand. *Agroforestry Systems*, 69 (3): 199–213.

Handcock, R. N., D. L. Gobbett, L. A. González, G. J. Bishop-Hurley and McGavin S. L. 2016. A pilot project combining multispectral proximal sensors and digital cameras for monitoring tropical pastures. *Biogeosciences*, 13: 4673–4695.

Hussain, Z., P. D. Kemp, D. J. Horne and I. K. D. Jaya. 2009. Pasture production under densely planted young willow and poplar in a silvopastoral system. *Agroforestry Systems*, 76: 351–362.

- Jackson, J. and A. J. Ash. 1998. Tree-grass relationships in open eucalypt woodlands of northeastern Australia: influence of trees on pasture productivity, forage quality and species distribution. *Agroforestry Systems*, 40 (2): 159–176.
- Marcos, G. M., J. J. Obrador, E. Garcia, E. Cubera, M. J. Montero, F. Pulido and C. Dupraz. 2007. Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management practices. *Agroforestry Systems*, 70: 25–40.
- Pullanagari, R. R., I. J. Yule, M. P. Tuohy, M. J. Hedley, R. A. Dynes and W. M. King. 2013. Proximal sensing of the seasonal variability of pasture nutritive value using multispectral radiometry. *Grass Forage Science*, 68: 110–119.
- Schaefer, M. T. and D. W. Lamb. 2016. A combination of plant NDVI and LiDAR measurements improve the estimation of pasture biomass in Tall Fescue (*Festuca arundinacea* var. Fletcher). *Remote Sensing*, 8(2): 1–10.
- Schellberg, J., M. J. Hill, G. Roland, M. Rothmund and M. Braun. 2008. Precision agriculture on grassland: applications, perspectives and constraints. *European Journal of Agronomy*, 29(2–3): 59–71.
- Seddaiu, G., G. Porcua, L. Luigi, P. P. Roggero, A. Agnelli and G. Cortic. 2013. Soil organic matter content and composition as influenced by soil management in a semi-arid Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 167: 1–11.
- Serrano, J., S. Shahidian and J. Marques da Silva. 2016a. Monitoring pasture variability: optical OptRx® crop sensor versus Grassmaster II capacitance probe. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188 (2): 1–17.
- Serrano, J., S. Shahidian and J. Marques da Silva. 2016b. Calibration of GrassMaster II to estimate green and dry matter yield in Mediterranean pastures: effect of pasture moisture content. *Crop and Pasture Science*, 67 (7): 780–791.
- Somarriba, E. 1988. Pasture growth and floristic composition under the shade of guava (*Psidium guajava* L.) trees in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 6: 153–162.

## CAPÍTULO 23

### CARACTERIZACIÓN DE LAS FRACCIONES SÓLIDA Y LÍQUIDA OBTENIDAS MEDIANTE SEPARACIÓN *IN SITU* DE HECES Y ORINA EN CEBO DE CERDOS<sup>1</sup>

Data de submissão: 01/09/2021

Data de aceite: 04/10/2021

#### **Aranzazu Mateos San Juan**

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Agronómica  
Alimentaria y de Biosistemas  
Universidad Politécnica de Madrid  
(UPM)  
Avenida Puerta de hierro, 2-4. 28040  
Madrid. España

#### **Iciar del Campo Hermida**

Facultad de Veterinaria  
Universidad Complutense de Madrid  
(UCM)  
Ciudad Universitaria s/n. 28040  
Madrid. España

#### **Almudena Rebolé Garrigós**

Facultad de Veterinaria  
Universidad Complutense de Madrid  
(UCM)  
Ciudad Universitaria s/n. 28040  
Madrid. España

#### **María Luisa Rodríguez Membibre**

Facultad de Veterinaria  
Universidad Complutense de Madrid  
(UCM)  
Ciudad Universitaria s/n. 28040  
Madrid. España

#### **Ismael Ovejero Rubio**

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Agronómica  
Alimentaria y de Biosistemas  
Universidad Politécnica de Madrid  
(UPM)  
Avenida Puerta de hierro, 2-4. 28040  
Madrid. España

**RESUMEN:** Un reto de la producción ganadera intensiva es evitar el impacto ambiental de las explotaciones. Existen distintas estrategias para minimizar este impacto en el caso de los purines de cerdo. Una de ellas es la separación *in situ* de heces y orina, obteniendo así una fracción sólida (FS) y una fracción líquida (FL) menos contaminantes y más fáciles de manejar. Ya está descrita la eficacia de separación de las heces y la orina mediante el sistema de cintas planas inclinadas perteneciente al Laboratorio de Bienestar Porcino (E.T.S.I. Agrónomos-UPM); por tanto, el objetivo de este trabajo fue la caracterización de las citadas fracciones obtenidas en dos salas que diferían en el tipo de suelo continuo (hormigón desnudo vs hormigón recubierto de resina epoxídica). Para ello, durante cinco semanas,

<sup>1</sup> <https://www.etsiaab.upm.es/>  
<https://veterinaria.ucm.es/>

se analizaron las heces, la orina, la FS y la FL obtenidas. De las variables estudiadas, solamente la materia seca (MS) de la FS y el contenido en N total, el contenido en N-NH<sub>3</sub> y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de la FL se vieron afectadas significativamente por el tipo de suelo de la sala: la MS de la FS fue significativamente menor (255,4 vs 276,0 g.kg<sup>-1</sup>,  $p = 0,0463$ ) y el contenido en N total, el contenido en N-NH<sub>3</sub> y la DBO de la FL significativamente mayores (4,8 vs 3,8 g.kg<sup>-1</sup>,  $p = 0,0083$ ; 4,2 vs 3,3 g.kg<sup>-1</sup>,  $p = 0,0143$ ; 231 vs 196 mg.L<sup>-1</sup>,  $p = 0,0072$ , respectivamente) para la sala con suelo continuo acabado en resina que para la sala con el suelo continuo de hormigón, si bien los resultados se explican por el desperdicio accidental de agua ocurrido en la sala con suelo recubierto y no por el tipo de suelo. Independientemente de la sala, las fracciones líquidas tuvieron valores de pH, de N-NH<sub>3</sub> y de la relación 'N-NH<sub>3</sub>/N total' notablemente mayores que las orinas.

**PALABRAS CLAVE:** Porcino. Cinta de deyecciones. Estiércol.

## CHARACTERIZATION OF THE SOLID AND LIQUID FRACTIONS OBTAINED BY *IN SITU* SEPARATION OF FECES AND URINE IN FATTENING PIG FACILITY

**ABSTRACT:** One of the challenges for the intensive farming is to avoid the environmental impact of the livestock farms. For the particular case of pig slurry, there are different strategies to minimize this impact. One of those strategies is the in situ separation of faeces and urine, obtaining by this way a solid fraction (SF) and a liquid fraction (LF), less contaminants and easier to handle. Already described the separation efficiency of faeces and urine using the system of inclined flat belts under slat belonging to the Pig Welfare Laboratory (E.T.S.I. Agrónomos-Universidad Politécnica de Madrid, Spain), so the objective of this study was the characterization of those fractions produced in two rooms that differed in the type of continuous floor (concrete floor or concrete covered with epoxy resin). During a five weeks period time, faeces, urine, SF and LF collected were analysed. Of the different variables studied, only the dry matter (DM) of the SF and the total nitrogen and NH<sub>3</sub>-N contents and biochemical oxygen demand (BOD) of the LF were affected significantly by type of continuous floor of the room: the DM of the SF was significantly lower (255.4 vs 276.0 g.kg<sup>-1</sup>,  $p = 0.0463$ ) and the total nitrogen and NH<sub>3</sub>-N contents and BOD of the LF were significantly higher (4.8 vs 3.8 g.kg<sup>-1</sup>,  $p = 0.0083$ ; 4.2 vs 3.3 g.kg<sup>-1</sup>,  $p = 0.0143$ ; 231 vs 196 mg.L<sup>-1</sup>,  $p = 0.0072$ , respectively) for room with continuous floor covered with epoxy resin than for room with concrete floor, although the results are explained by the accidental water wastage in the room with floor covered and not by the type of floor. Regardless of the room, the liquid fractions had pH values and NH<sub>3</sub>-N contents and the ratio 'NH<sub>3</sub>-N/total N' higher than the urines.

**KEYWORDS:** Swine. Conveyor belt. Manure.

## 1 INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Generalmente, los alojamientos de cebo de cerdos cuentan con suelos totalmente enrejillados bajo los que se ubican fosas de purín en las que se mezclan las heces y la orina de los animales, junto con desperdicios de pienso y de agua y, en su caso, agua de limpieza de los locales. El purín así producido es responsable de gran parte de los problemas medioambientales de las explotaciones de ganado porcino y, además, por su escaso contenido en materia seca, es difícil de valorizar como abono agrícola.

Existen distintas técnicas para concentrar los nutrientes de este purín y para reducir su carga contaminante, que, en general, incluyen una separación sólido-líquido cuyo rendimiento es bastante limitado; además, la utilización de estas técnicas tiene costes elevados.

Todo ello ha llevado, en los últimos años, al desarrollo de sistemas que buscan la separación en el propio alojamiento (separación *in situ*) de las heces y la orina evitando así la producción de purín, y que utilizan cintas transportadoras colocadas bajo la zona enrejillada de alojamientos con *slat* parcial. Uno de los sistemas propuestos es el patentado por Vázquez *et al.* (2002), que se encuentra instalado en el Laboratorio de Bienestar Porcino (LBP) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid y cuya eficiencia ya ha sido contrastada (Alonso *et al.*, 2008; Alonso *et al.*, 2010; Ovejero *et al.*, 2010). Aunque con diferencias entre los distintos sistemas, dicha separación no es perfecta: lo que en realidad se obtiene son dos fracciones claramente diferenciadas: la fracción líquida, compuesta por la mayor parte de la orina producida y una pequeña parte de heces arrastradas y la fracción sólida, consistente en las heces con cierta contaminación por orina y con un mayor o menor grado de humedad.

Por otra parte, si se recogiesen por separado las heces y la orina producidas por los cerdos, podrían darse usos diferenciados a los productos así obtenidos aprovechando sus distintas características: las heces contienen la mayor parte de la materia orgánica y del fósforo excretado por los cerdos (Poulsen *et al.*, 1999), y la orina, la mayor parte del nitrógeno (Aarnink *et al.*, 1993). Asimismo, Cabezas (2010) observó que el tipo de suelo continuo podría tener influencia sobre las características de la fracción líquida producida.

Teniendo esto en cuenta, el objetivo principal de este trabajo fue caracterizar las fracciones sólida y líquida obtenidas mediante separación *in situ* de heces y orina en el LBP; asimismo, se buscó comprobar la posible influencia del tipo de suelo continuo (hormigón desnudo vs hormigón recubierto con resina epoxídica) sobre las características de dichas fracciones.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 INSTALACIONES

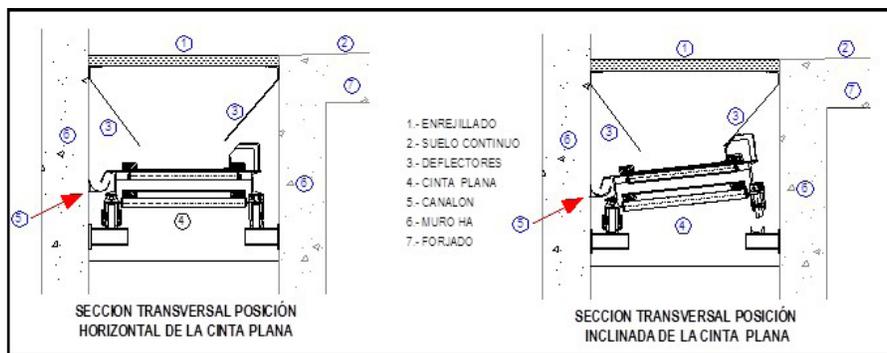
Este trabajo se ha desarrollado en el Laboratorio de Bienestar Porcino (LBP) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid. El alojamiento dispone de un piso superior donde se encuentran los animales y un piso inferior en el que se sitúan los sistemas de recogida y separación de deyecciones. El piso superior consta de cuatro salas totalmente independientes. Cada sala tiene seis corrales

o boxes donde se alojan los animales. Los corrales tienen el suelo parcialmente enrejillado (60% de suelo continuo y 40% de suelo enrejillado). En la zona de suelo continuo se sitúa el comedero tipo tolva holandesa, y en la zona de enrejillado, un bebedero de cazoleta.

Para el presente estudio sólo se han utilizado las salas 1 y 4: la Sala 1 tiene el suelo continuo de hormigón, y la Sala 4, de hormigón recubierto con resina epoxídica (impermeable y antideslizante).

En el piso inferior, bajo la zona de suelo enrejillado, están situadas las cintas para la separación *in situ* de heces y orina. En ambas salas (1 y 4) son cintas planas con inclinación transversal (6°) (Figura 1).

Figura 1. Esquema de las cintas planas situadas bajo el suelo enrejillado de las salas 1 y 4.



Los animales defecaron y orinaron preferentemente en la ‘zona sucia’ o zona de suelo enrejillado. Las heces y la orina atravesaban la rejilla y caían sobre las cintas. La orina escurría transversalmente y era llevada mediante un canalón a un contenedor situado en la cola de la estructura. Las heces quedaban sobre la cinta y eran extraídas una vez al día (10:00 horas).

El sistema de ventilación fue por extracción bajo suelo, con los extractores situados en el piso inferior. El aire, tras recorrer las salas ocupadas por los animales, atravesaba el enrejillado y, antes de salir al exterior, circulaba sobre las cintas contribuyendo al secado de las deyecciones acumuladas en ellas. En la Tabla 1 se indican las temperaturas habidas durante el periodo experimental.

Tabla 1. Temperaturas ambientales durante el periodo experimental<sup>1</sup>.

Lugar	M MIN <sup>2</sup> (°C)	M MED <sup>2</sup> (°C)	M MAX <sup>2</sup> (°C)
SALA1/Hormigón <sup>3</sup>	18,7 ± 0,4	21,4 ± 0,9	24,1 ± 1,6
SALA 4/Resina <sup>3</sup>	18,0 ± 0,4	21,3 ± 1,0	24,6 ± 1,8
EXTERIOR	10,0 ± 2,1	17,7 ± 2,1	25,3 ± 2,6

<sup>1</sup>Media ± desviación típica.

<sup>2</sup>M MIN: media de mínimas. M MED: media de medias. M MAX: media de máximas.

<sup>3</sup>Hormigón: suelo continuo de hormigón desnudo; resina: suelo continuo recubierto con resina epoxídica.

## 2.2 ANIMALES Y DIETAS

Se han utilizado un total de 84 cerdos cruzados (Piétrain x Duroc) x (Large White x Landrace), 42 en cada sala, distribuidos por sexos en los distintos corrales (7 cerdos/corral; 1,05 m<sup>2</sup>/cerdo). En cada sala la mitad de los animales fueron machos (3 corrales) y la mitad hembras (3 corrales), todos ellos inmunocastrados. La experiencia se realizó durante 5 semanas (10 de abril a 15 de mayo de 2014). Los pesos vivos (PV) iniciales y finales, las velocidades de crecimiento y los consumos de pienso de los cerdos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Pesos vivos iniciales (PVi) y finales (PVf), ganancia media diaria de peso (GMD) y consumo medio diario de pienso (CMD) de los cerdos durante el periodo experimental<sup>1</sup>.

Sala/Suelo continuo	PVi (kg.cerdo <sup>-1</sup> )	PVf (kg.cerdo <sup>-1</sup> )	GMD (g.cerdo <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )	CMD (g.cerdo <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )
1/Hormigón <sup>2</sup>	97,9 ± 12,2	135,2 ± 15,3	1.096 ± 146	3.302 ± 293
4/Resina <sup>2</sup>	98,9 ± 8,9	135,5 ± 11,2	1.077 ± 149	3.222 ± 216

<sup>1</sup>Media ± desviación típica.

<sup>2</sup>Hormigón: suelo continuo de hormigón desnudo; resina: suelo continuo recubierto con resina epoxídica.

Todos los animales, tanto machos como hembras, fueron alimentados *ad libitum* con el mismo pienso comercial. A lo largo del periodo experimental, se tomaron muestras de pienso en dos ocasiones para su análisis. Las muestras de pienso se molieron y, a continuación, se analizó su composición siguiendo los métodos de la AOAC (1995). En la Tabla 3 se muestra la composición analizada media resultante de ambos muestreos.

Tabla 3. Composición analizada de los piensos utilizados durante el periodo experimental.

Constituyentes analíticos	% en MF <sup>1</sup>
Humedad	12,11
Cenizas brutas	4,20
Proteína bruta	13,58
Extracto etéreo	4,95
Fibra bruta	4,04
ELN <sup>2</sup>	61,39
Fósforo	1,07

<sup>1</sup>MF: materia fresca.

<sup>2</sup>ELN: extractivos libres de nitrógeno.

Diariamente, se controló el consumo de agua habido en cada una de las salas y, para otro estudio, se observó el comportamiento de los animales.

## 2.3 RECOGIDA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

La recogida de heces (H), orina (O), fracción sólida (FS) y fracción líquida (FL) se realizó dos veces por semana (a excepción de la semana 2 en la que sólo se tomaron muestras en una ocasión) durante las cinco semanas que duró el experimento. Los cuatro tipos de muestras fueron recogidos los mismos días.

Para cada una de las salas, las muestras de orina se tomaron directamente de cinco cerdos cada vez mientras los animales orinaban. Las muestras se mezclaron, se guardaron en recipientes herméticos y se analizaron en conjunto. Las heces se tomaron directamente mientras los animales defecaban o inmediatamente después recogiendo del suelo. Se tomaron muestras de cinco animales cada vez, se mezclaron, se guardaron en recipientes herméticos y se analizaron en conjunto. La FL producida a lo largo de 24 horas en cada sala se acumuló en contenedores y se homogeneizó antes de tomar las muestras; éstas se guardaron en recipientes herméticos para su posterior análisis. La FS retenida sobre las cinta durante 24 horas se volcó en contenedores y se mezcló hasta que la fracción tuvo un aspecto homogéneo; seguidamente se tomaron las muestras y se guardaron en recipientes herméticos para su posterior análisis.

Todas las muestras se llevaron al laboratorio inmediatamente tras su recogida. Las muestras de H y FS y una parte de las muestras de O y FL se congelaron (-20 °C) y posteriormente se liofilizaron (Liolabor 3 L-85-3264, Telstar S.A., Tarrasa, Spain). De las muestras liofilizadas se separaron tres submuestras. En estas se analizó a continuación el contenido en materia seca (MS), nitrógeno total (AOAC, 1995) y fósforo (Peters, 2003).

Otra parte de las muestras de O y FL se analizaron en fresco, determinándose así el contenido en nitrógeno total y nitrógeno amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ), y se midió el pH (Peters, 2003). Además, se determinó la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mediante un equipo Aqualytic de control termostático (Modelo AL 185, Liebherr).

## 2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los datos correspondientes a los contenidos en MS, en N total, en  $\text{N-NH}_3$  y en P, así como los correspondientes a la proporción ' $\text{N-NH}_3/\text{N total}$ ', al pH y a la DBO se sometieron a análisis de varianza según el modelo que incluía la sala o tipo de suelo como factor fijo, utilizando el procedimiento ANOVA del programa SAS (SAS Institute, 2002).

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados correspondientes a las heces y a la fracción sólida aparecen en la Tabla 4. Como era de esperar, en el caso de las heces no hubo diferencias entre tipo de suelo continuo para ninguna de las variables consideradas.

En general, el contenido en MS de la FS fue mayor que el obtenido por Aarnink y Ogink (2007) y menor que el conseguido por Koger *et al.* (2014); también fue menor que el logrado en las instalaciones del LBP en trabajos previos (Alonso *et al.*, 2008; Alonso *et al.*, 2010). Las diferencias entre los distintos sistemas de cintas para la eficiencia de separación heces-orina, los pesos de los animales utilizados (y, por tanto, las producciones diarias de deyecciones), el momento y la frecuencia de retirada de la fracción sólida (vaciado de las cintas) y el sistema de ventilación utilizado explican las diferencias observadas. En concreto, el menor contenido en materia seca de la FS encontrado en este trabajo que los encontrados en ensayos anteriores llevados a cabo en el LBP puede explicarse porque ahora sólo se ha considerado la fase de acabado en lugar del periodo total de cebo, lo que supuso una mayor acumulación media de deyecciones en las cinta y, consecuentemente, una menor relación superficie/volumen de las mismas, y porque los caudales medios de ventilación utilizados ( $\text{m}^3.\text{kg PV}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ) fueron menores que en los trabajos previos debido a que, a diferencia de estos últimos, la época del año en que transcurrió la presente prueba no incluyó ningún periodo del verano.

Sí hubo diferencias significativas entre salas para el contenido en materia seca de la FS (suelo de hormigón,  $276,0 \text{ g.kg}^{-1}$ ; suelo de resina,  $255,4 \text{ g.kg}^{-1}$ ;  $p = 0,0463$ ), lo que en principio resulta sorprendente dado que ambas salas compartían tipo y condiciones de funcionamiento de las cintas de deyecciones, y sistema y caudal de ventilación. La explicación de esta diferencia parece estar en el notablemente mayor consumo aparente de agua habido en la Sala 4 (suelo continuo de resina;  $10,1 \pm 1,4 \text{ L.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ) que en la Sala 1 (suelo continuo de hormigón;  $7,8 \pm 1,1 \text{ L.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ) pese a que en ambas las temperaturas ambientales, los pesos de los animales y sus consumos de pienso fueron similares: este mayor consumo aparente de agua en la Sala 4 se debió al desarrollo por varios animales de dicha sala de un comportamiento de juego con los bebederos que dio lugar a un considerable desperdicio de agua que, al caer sobre la cinta, humedeció las deyecciones acumuladas sobre ella.

Tabla 4. Características de las heces y de la fracción sólida.

Variable	n <sup>1</sup>	Sala 1 Hormigón <sup>2</sup>	Sala 4 Resina epoxidica <sup>2</sup>	EEM <sup>3</sup>	p <sup>4</sup>
<i>Heces</i>					
Materia seca (MS), $\text{g.kg}^{-1}$	9	223,2	234,3	6,06	0,2139
Nitógeno total, $\text{g.kg}^{-1}$ MS	9	47,9	49,5	0,78	0,1800
Fósforo, $\text{g.kg}^{-1}$ MS	9	74,3	77,0	1,48	0,2233
<i>Fracción sólida</i>					
Materia seca (MS), $\text{g.kg}^{-1}$	9	276,0	255,4	6,72	0,0463
Nitógeno total, $\text{g.kg}^{-1}$ MS	9	59,9	61,4	1,15	0,3780
Fósforo, $\text{g.kg}^{-1}$ MS	9	70,1	74,1	1,58	0,0937

<sup>1</sup>n: número de observaciones. <sup>2</sup>Hormigón: suelo continuo de hormigón desnudo; resina epoxidica: suelo continuo recubierto con resina epoxidica. <sup>3</sup>EEM: error estándar de la media. <sup>4</sup>p: probabilidad (análisis de varianza).

Sin diferencias entre tipos de suelo continuo para el contenido en N total por kg MS de la FS, en ambas salas fue mayor que el de las heces (59,9 vs 47,9 g.kg<sup>-1</sup> MS para la FS y las heces, respectivamente, en la Sala 1; 61,4 vs 49,5 g.kg<sup>-1</sup> MS en la Sala 4). Lo contrario sucedió para el contenido en P: 70,1 vs 74,3 g.kg<sup>-1</sup> MS para la FS y las heces, respectivamente, en la Sala 1; 74,1 vs 77,0 g.kg<sup>-1</sup> MS en la Sala 4. Estos resultados coinciden con lo observado por Aarnink y Ogink (2007) y se explican por la retención de parte de la orina en la fracción sólida.

En la Tabla 5 se indican los resultados correspondientes a la orina y a la fracción líquida. Como es lógico, al igual que en el caso de las heces, no hubo diferencias entre salas para ninguna de las variables consideradas para caracterizar la orina.

Aunque sin diferencias significativas, el contenido en materia seca de la FL fue numéricamente mayor en la sala con suelo continuo de resina que en la de suelo continuo de hormigón (35,1 vs 25,7 g.kg<sup>-1</sup>;  $p = 0,2265$ ). Este resultado contradice lo encontrado por Cabezas (2010) en un estudio anterior llevado a cabo en las mismas instalaciones del LBP, quien observó que la MS de la FL fue significativamente mayor con el suelo de hormigón que con el suelo de resina epoxidica y explicó la diferencia por la mayor cantidad de suciedad acumulada en el suelo continuo de hormigón (poroso) que en el de resina (impermeable), lo que conllevaría que la orina caída sobre el suelo continuo arrastrase más sólidos en suspensión en el caso del suelo de hormigón. En nuestro caso, cabe pensar que el apuntado desperdicio de agua ocurrido en la Sala 4 (suelo continuo de resina) habría arrastrado una importante cantidad de heces desde la cinta de deyecciones con destino a la fracción líquida, lo que habría compensado holgadamente el efecto del tipo de suelo indicado por Cabezas (2010).

La demanda bioquímica de oxígeno de la FL fue significativamente mayor en la Sala 4 que en la Sala 1 (231 vs 196 mg.L<sup>-1</sup>,  $p = 0,0072$ ) y, en ambas salas, tomó valores muy superiores a los de la orina: en la Sala 1, la DBO de la FL supuso el 130 % de la DBO de la orina, y en la Sala 4, el 152 %. Estos resultados se explican por el citado mayor arrastre de heces hacia la FL ocurrido en la Sala 4, como consecuencia del desperdicio de agua provocado por los juegos de los cerdos en los bebederos de dicha sala, y muestran que el potencial contaminante de la FL es mayor que el de la orina.

Tabla 5. Características de la orina y de la fracción líquida.

Variable	n <sup>1</sup>	Sala 1 Hormigón <sup>2</sup>	Sala 4 Resina epoxídica <sup>2</sup>	EEM <sup>3</sup>	p <sup>4</sup>
<i>Orina</i>					
Materia seca (MS), g.kg <sup>-1</sup>	9	30,8	31,6	2,78	0,8303
Nitrógeno total (N), g.kg <sup>-1</sup>	9	7,0	7,4	0,75	0,7049
Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ), g.kg <sup>-1</sup>	9	0,19	0,22	0,03	0,4886
N-NH <sub>3</sub> /N, %	9	2,5	3,0	0,30	0,2542
Fósforo, g.kg <sup>-1</sup> MS	9	40,6	39,9	4,48	0,9115
pH	9	7,29	7,09	0,09	0,1329
DBO <sup>5</sup> , mg.L <sup>-1</sup>	9	151	152	14,06	0,9825
<i>Fracción líquida</i>					
Materia seca (MS), g.kg <sup>-1</sup>	9	25,7	35,1	5,32	0,2265
Nitrógeno total (N), g.kg <sup>-1</sup>	9	3,8	4,8	0,23	0,0083
Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ), g.kg <sup>-1</sup>	9	3,3	4,2	0,24	0,0143
N-NH <sub>3</sub> /N, %	9	85,2	87,1	1,56	0,4025
Fósforo, g.kg <sup>-1</sup> MS	9	35,4	32,7	5,70	0,7400
pH	9	9,19	9,21	0,02	0,3376
DBO <sup>5</sup> , mg.L <sup>-1</sup>	9	196	231	8,06	0,0072

<sup>1</sup>n: número de observaciones. <sup>2</sup>Hormigón: suelo continuo de hormigón desnudo; resina epoxídica: suelo continuo recubierto con resina epoxídica. <sup>3</sup>EEM: error estándar de la media. <sup>4</sup>p: probabilidad (análisis de varianza). <sup>5</sup>DBO: demanda bioquímica de oxígeno.

Tanto el N total como el N-NH<sub>3</sub> de la FL fueron significativamente mayores en la Sala 4 que en la Sala 1 (N total: 4,8 vs 3,8 g.kg<sup>-1</sup>,  $p = 0,0083$ ; N-NH<sub>3</sub>: 4,2 vs 3,3 g.kg<sup>-1</sup>,  $p = 0,0143$ ). Nuevamente, estas diferencias pueden explicarse por el desperdicio de agua provocado por los animales de la Sala 4 y el consiguiente arrastre de heces hacia la FL: el contenido en MS de la FL de la Sala 4 supuso el 137 % del de la Sala 1 mientras que el contenido en N total de la FL de la Sala 4 sólo representó el 126 % del de la Sala 1, y, como se desprende de los datos de las Tablas 4 (heces) y 5 (orina) el contenido en N total, expresado en g.kg<sup>-1</sup> MS, de las heces fue mucho menor que el de la orina (47,9-49,5 vs 227,3-234,2).

En relación con el N, dos aspectos distinguen claramente la orina de la FL: en la FL, el contenido en N total fue notablemente inferior y el contenido en N-NH<sub>3</sub> y la proporción N-NH<sub>3</sub>/N total muy superiores que en la orina. Las diferencias entre los pH de la orina y los de la FL explican la distinta importancia del N-NH<sub>3</sub> en cada una de ellas; las emisiones de NH<sub>3</sub> por la FL son las responsables de su menor contenido en N total.

Nuestros resultados para los contenidos en N total y N-NH<sub>3</sub> y para la proporción N-NH<sub>3</sub>/N total de la FL están en la línea de lo observado por Aarnink y Ogink (2007). Koger *et al.* (2014), en cambio, encontraron un porcentaje de N-NH<sub>3</sub> respecto al N total sensiblemente inferior al de nuestro trabajo (71 % vs 85-87 %): el hecho de que estos

autores almacenasen la FL en un depósito cerrado y nosotros lo hiciésemos en uno abierto puede estar en el origen de la diferencia.

## 4 CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo no permiten extraer conclusiones claras respecto a la posible influencia del tipo de suelo continuo sobre las características de la FS y de la FL generadas en un alojamiento de cebo con separación *in situ* de heces y orina, que podría haber quedado enmascarada por el desperdicio de agua habido en una de las salas y provocado por el comportamiento de los cerdos; en cambio, sí apuntan en el sentido de que el desperdicio de agua es más determinante para dichas características (contenido en MS de la FS; DBO, contenidos en N total y N-NH<sub>3</sub> de la FL) que el tipo de suelo continuo utilizado.

Estos resultados también ponen de manifiesto que la FL es muy diferente de la orina, y sugieren que para mantener el potencial fertilizante de la FL y reducir sus emisiones de amoníaco debe tratarse con el fin de evitar la subida de su pH y almacenarse en depósitos cerrados.

## 5 AGRADECIMIENTOS

A la empresa pública TRAGSA, por la fundamental ayuda en la puesta en marcha del Laboratorio de Bienestar Porcino.

## BIBLIOGRAFÍA

Aarnink, A.J.A., Hoeksma, P., van Ouwerkerk, E.N.J., 1993. Factors affecting ammonium concentrations in slurry from fattening pigs. In: Verstegen, M.W.A., den Hartog, L.A., van Kempen, G.J., Metz, J.H.M. (Eds.), Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequence, pp. 413-420. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, The Netherlands.

Aarnink, A.J.A., Ogink, N.W.M., 2007. Environmental impact of daily removal of pig manure with a conveyer belt system. In: Proceedings of the International Symposium on Air Quality and Waste Management for Agriculture, paper No. 701P0907cd. Broomfield, CO.

Alonso, F., Vázquez, J., Sánchez, E., Ovejero, I., Mateos, A., Garcimartín, M. A., 2008. Comparison of dry matter content of pig faeces in two belt separation systems. In: Proceedings of Livestock Environment VIII, paper No. 701P0408. Iguassu Falls, Brazil.

Alonso, F., Vázquez, J., Ovejero, I., Garcimartín, M.A., Mateos, A., Sánchez, E., 2010. Belt separation system under slat in fattening pig housing: Effect of belt type and extraction frequency. *Bioresour. Technol.* 101 (15), 6230-6234.

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, VA.

Cabezas, A., 2010. Influencia del tipo de cinta de deyecciones y del tipo de suelo sobre la eficacia de separación de orina en un alojamiento experimental de ganado porcino sin producción de purín (Trabajo Fin de Carrera). Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, Universidad Politécnica de Madrid.

Koger, J.B., O'Brien, B.K., Burnette, R.P., Kai, P., van Kempen, M.H.J.G., van Heugten, E., van Kempen, T.A.T.G., 2014. Manure belts for harvesting urine and feces separately and improving air quality in swine facilities. *Livest. Sci.* 162, 214-222.

Ovejero, I., Mateos, A., Alonso, F., López, M., Calero, R., Iglesias, S., Vázquez, J., Sánchez, E., Garcimartín, M.A., 2010. Separación *in situ* de heces y orina mediante cinta de deyecciones bajo slat en alojamientos de cebo de ganado porcino. En: Libro de actas del II Congreso Español sobre Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas, ECOFARM 2010, 191-194. Barcelona, España.

Peters, J. (Ed.), 2003. Recommended Methods of Manure Analysis. University of Wisconsin-Extension, U.S. Department of Agriculture and Wisconsin Counties Cooperating. Cooperative Extension Publishing Operations. Madison, WI.

Poulsen, H.D., Jongbloed, A.W., Latimier, P., Fernández, J.A., 1999. Phosphorus consumption, utilization and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. *Livest. Prod. Sci.* 58 (3), 251-259.

SAS Institute 2002. SAS/STAT® User's Guide, version 9. SAS Institute Inc. Cary, NC.

Vázquez, J., Garcimartín, M.A., Ovejero, I., Daza, A., Oñate, I., Calero, R., Ortega, R., López, M., 2002. System with an adjustable movable base placed beneath a wire floor used for the continuous separation of faeces and urine or for the combined handling of both products in pig installations. International Patent WO/2002/094011.

# CAPÍTULO 24

## USO DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA PARA EL DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS RESPIRATORIAS DE VÍAS ALTAS EN EL GANADO OVINO

Data de submissão: 19/10/2021

Data de aceite: 26/10/2021

**Cristina Ruiz Cámara**

Universidad de Zaragoza

Grado en Veterinaria

Zaragoza- España

<https://orcid.org/0000-0001-5897-8579>

**Luis Miguel Ferrer Mayayo**

Universidad de Zaragoza

Grado en Veterinaria

Patología animal

Zaragoza- España

<https://orcid.org/0000-0003-0042-8800>

**Enrique Castells Pérez**

Centro Clínico Veterinario de Zaragoza

Zaragoza- España

**RESUMEN:** La tomografía computarizada (TC) es una técnica de diagnóstico por imagen, no invasiva, basada en la emisión de rayos X para la obtención de imágenes seriadas, axiales al eje de la camilla. Para la creación de las imágenes, el equipo tomográfico mide la atenuación sufrida por los rayos X al atravesar los distintos tejidos del área delimitada. Una vez obtenidos los cortes axiales, estos se superponen durante el posprocesado,

permitiendo la visualización de cortes axiales, sagitales, coronales y reconstrucciones 3D a color de las estructuras anatómicas. Esto permite conocer de forma más precisa la localización, extensión y tipo de tejido de algunas patologías. Es una técnica de gran utilidad para lograr diagnósticos más precisos de las patologías respiratorias en ovino, las cuales suponen la principal causa de muerte y de pérdidas económicas de las explotaciones. Debido a su alto coste y baja disponibilidad, su uso rutinario en ganadería es inviable. Actualmente, es una herramienta de gran utilidad en la educación e investigación para entender el origen y evolución de distintas patologías, y así poder mejorar su diagnóstico in vivo y posterior tratamiento.

**PALABRAS CLAVE:** Tomografía computarizada. Patología respiratoria. Vías altas. Diagnóstico. Ovino.

### USE OF COMPUTED TOMOGRAPHY FOR THE DIAGNOSIS OF UPPER RESPIRATORY TRACT PATHOLOGIES IN SHEEP FARMING

**ABSTRACT:** Computed tomography (CT) is a non-invasive diagnostic imaging technique based on the emission of X-rays to obtain serial images, axial to the table axis. To reconstruct the images, the tomographic equipment measures the attenuation suffered by the X-rays as they pass through the different tissues in the defined area. Once the axial slices have been obtained, they are

superimposed during post-processing, allowing the visualisation of sagittal and coronal slices, and 3D colour reconstructions of the anatomical structures. Thanks to this, the location, extension, and type of tissue of some diseases can be known more precisely. It is a very useful technique for achieving more precise diagnoses of respiratory pathologies in sheep, which are the main cause of death and, therefore, of economic losses on farms. Due to its high cost and low availability, its routine use in livestock farming is unfeasible. Currently, it is a very useful tool in education and research to understand the origin and evolution of different pathologies, and thus be able to improve their in vivo diagnosis and subsequent treatment.

**KEYWORDS:** Computed tomography. Respiratory diseases. Upper tract. Diagnosis. Ovine.

## 1 INTRODUCCIÓN

El sector ovino está estrechamente ligado a la tierra, a la agricultura, participa en el mantenimiento de la biodiversidad, y posee un papel fundamental en la conservación del entorno y fijación de población al medio rural. A pesar de estos beneficios que aporta, el margen coste-beneficio para los ganaderos de ovino es muy estrecho. Por tanto, es imprescindible tratar de conseguir la mejor producción y rentabilidad a través de la sanidad animal.

Las patologías respiratorias son una de las principales causas de disminución de la producción y muerte y, por tanto, de pérdidas económicas (Lacasta, et al., 2019).

Existe una gran variedad de patologías respiratorias, tanto de vías respiratorias altas como bajas, que pueden afectar a corderos y ovejas adultas. Habitualmente, el método de diagnóstico utilizado ha sido la exploración clínica, siendo fundamental la auscultación pulmonar. A pesar de ello, no es suficiente para llegar a un diagnóstico fiable ya que no permite detectar patología pulmonar superficial, conocer la naturaleza de la patología, ni detectar con precisión su localización (Scott, 2010; Caicedo, Ávila y Cubides, 2016).

Distintas técnicas de imagen para el diagnóstico como son la radiografía, la ecografía o la tomografía computarizada (TC) aportan información sobre la naturaleza, así como distribución exacta de las distintas patologías respiratorias, siendo técnicas no invasivas (Scott, 2010). También permiten visualizar su evolución y valorar los efectos de los tratamientos aplicados. Se trata de técnicas muy consolidadas en la clínica de animales de compañía. En el caso de la clínica de rumiantes, es poco común la utilización de TC a pesar de ser de gran utilidad para llegar a diagnósticos más precisos a nivel de granja. Este hecho se debe a los altos costes que supone (Humann-Ziehank et al., 2011), no solo el equipo tomográfico, sino también a la necesidad de transportar a los animales a las instalaciones equipadas, la necesidad de anestesia general, etc.

A pesar de todo ello, la tomografía computarizada es una técnica de gran valor en el campo de la investigación y en casos clínicos importantes. Permite visualizar en 2D y 3D los diferentes estadios de las patologías respiratorias, conocer con exactitud su localización y dimensiones, incluso conocer el contenido de algunas como es el caso de los abscesos, pudiendo diferenciar contenido líquido, caseoso, mineralizaciones (Ferrer et al., 2020).

Este trabajo tiene por objetivo realizar una exposición detallada de las patologías respiratorias de vías altas más comunes en ovino, estudiadas por el Servicio Clínico de Rumiantes (SCRUM) mediante tomografía computarizada, y posteriormente confirmadas mediante estudios histopatológicos, biomoleculares y microbiológicos.

## 2 METODOLOGÍA

Se ha realizado una revisión y estudio de las imágenes tomográficas obtenidas por el Servicio Clínico de Rumiantes de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza en el Centro Clínico Veterinario de Zaragoza, con el equipo General Electric Healthcare modelo Brivo de dos cortes. La visualización de las imágenes y posteriores reconstrucciones se ha llevado a cabo con el programa RadiAnt DICOM Viewer.

## 3 LA TC EN MEDICINA VETERINARIA

En la década de 1980 se documentó el primer uso de la TC en medicina veterinaria. Desde entonces la utilización de esta técnica ha aumentado en la actividad clínica veterinaria debido a las ventajas que aporta y el aumento de su disponibilidad, aunque todavía es escaso en España.

Algunos de los usos que se le da a la TC en veterinaria son el diagnóstico y seguimiento de patología torácica y abdominal, de neoplasias y de lesiones extra e intracraneales en pequeños animales de compañía. En la clínica equina también se emplea, principalmente para el diagnóstico de cojeras (Keane et al., 2017). En el caso del sector ovino, la TC únicamente se emplea para fines de investigación, educación y resolución de casos especiales, debido a los altos costes de su uso rutinario, y el difícil acceso a ella dado que son pocos los centros que cuentan con el equipo necesario (Ferrer et al., 2020)

La tendencia actual del uso de esta técnica en el campo de la clínica veterinaria son el apoyo en la planificación de cirugías y su seguimiento durante la recuperación, además resulta de gran utilidad en la enseñanza en áreas como anatomía y fisiología, y en investigación ya que pueden realizarse impresiones en 3D de órganos y usarlos como moldes para diseñar dispositivos (Keane et al., 2017). Siendo las posibilidades de utilización de la TC muy amplias.

## 4 PATOLOGÍA RESPIRATORIA OVINA DE VÍAS ALTAS

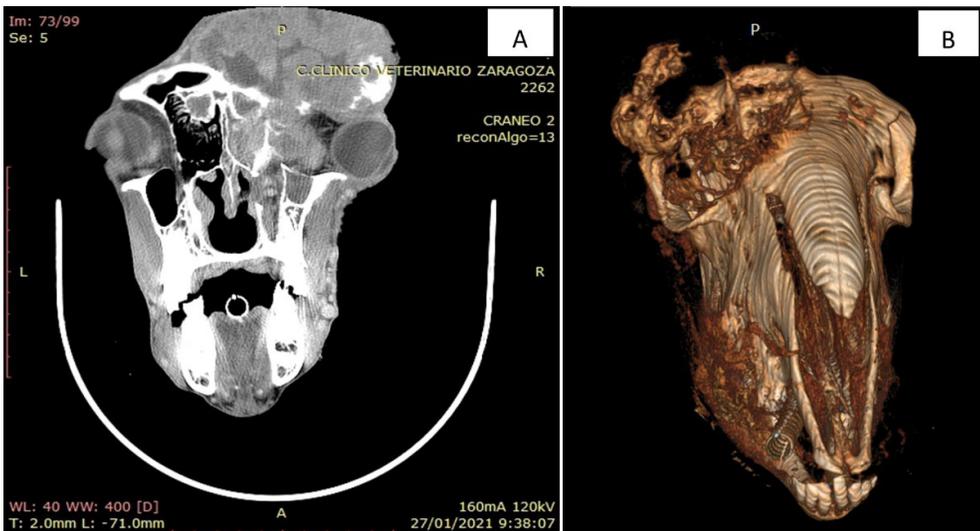
### 4.1 ADENOCARCINOMA NASAL ENZOÓTICO (ANE)

El adenocarcinoma nasal enzoótico ovino es un tumor de las células secretoras etmoidales, causado por el virus de tumor nasal enzoótico 1 (ENTV-1), un tipo de beta-retrovirus. Esta patología está presente en todos los continentes excepto en Australia y Nueva Zelanda (De las Heras et al., 2019). Su sintomatología se caracteriza por la aparición de descarga nasal serosa continua, además, los animales afectados presentan un adelgazamiento crónico y disnea inspiratoria. En el caso de que la masa tumoral siga avanzando, puede llegar a provocar exoftalmos debido al aumento de la presión bajo el globo ocular, así como rarefacción ósea con deformación craneal y fistulización.

En España, la prevalencia de ANE en ganado ovino se encuentra entre un 0,1% - 0,3% (De las Heras et al., 1998). Dado que no existe tratamiento posible, lo recomendable, lo recomendable tras su diagnóstico, es el sacrificio de los individuos afectados evitando el contagio al resto del rebaño (Ventura, J. A. et al, 2020).

Ya que la TC permite visualizar los tejidos blandos, es la técnica de imagen para el diagnóstico de elección para esta patología. La figura 1 muestra la destrucción del hueso etmoidal, la disminución de la densidad ósea del hueso nasal y el crecimiento de tejidos blandos, incluso antes de que se produzca la destrucción del hueso y deformación craneal (Castells et al., 2019).

Fig. 1. **A)** Corte axial de un adenocarcinoma nasal enzoótico en el lado derecho del cráneo, afectando a los huesos nasal, frontal y lacrimal. Se observa exoftalmia en el globo ocular derecho. **B)** Vista 3D del adenocarcinoma del mismo individuo. Se observa un proceso osteolítico, produciendo orificios en los huesos nasal, frontal y lacrimal.



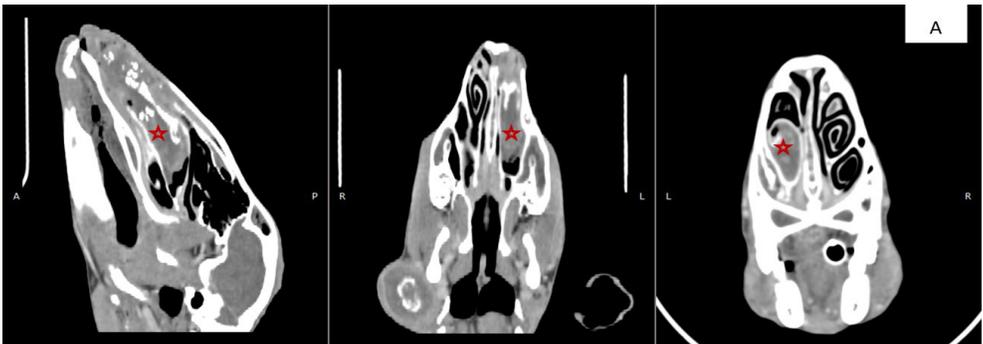
## 4.2 RINITIS CRÓNICA PROLIFERATIVA (RCP)

La Rinitis crónica proliferativa es una enfermedad de tipo inflamatorio y proliferativo que afecta, sobre todo, a la mucosa de los cornetes nasales ventrales, y asociada a *Salmonella enterica* subsp. *diarizonae* serotipo 61: k: 1,5 (7), aunque se desconoce bien la patogenia (Rubira et al., 2019).

Provoca una gran proliferación de la mucosa nasal de los cornetes debido a una inflamación crónica, pudiendo incluso apreciarse esa proliferación a través de las fosas nasales. Los signos clínicos asociados son secreción nasal de tipo seromucosa, uni o bilateral, disnea inspiratoria y ronquidos característicos (Rubira et al., 2019). En casos avanzados puede llegar a producirse deformación en la zona rostral de la cavidad nasal debido al aumento de tamaño del cornete afectado, y la obstrucción de la fosa nasal afectada (Lacasta et al., 2012). Debido a la obstrucción de las fosas nasales, los individuos presentan distrés respiratorio y una pérdida de la condición corporal progresiva acompañada de infecciones secundarias, produciéndose finalmente la muerte del animal.

Los exámenes de TC permiten determinar el estadiaje de la rinitis (Castells et al., 2019).

Fig. 2. **A)** Cortes sagital, dorsal y axial del cráneo de un ovino en los que se observa RCP en el cornete izquierdo, de forma predominante en el cornete ventral. Las masas grises (☆) corresponden con el tejido inflamatorio.



**B)** Vista dorsal 3D con filtro de vías aéreas. El color azul de la imagen representa el aire, por tanto, la masa negra en el cornete izquierdo (☆) representa la masa de tejido inflamatorio de la Rinitis crónica proliferativa.

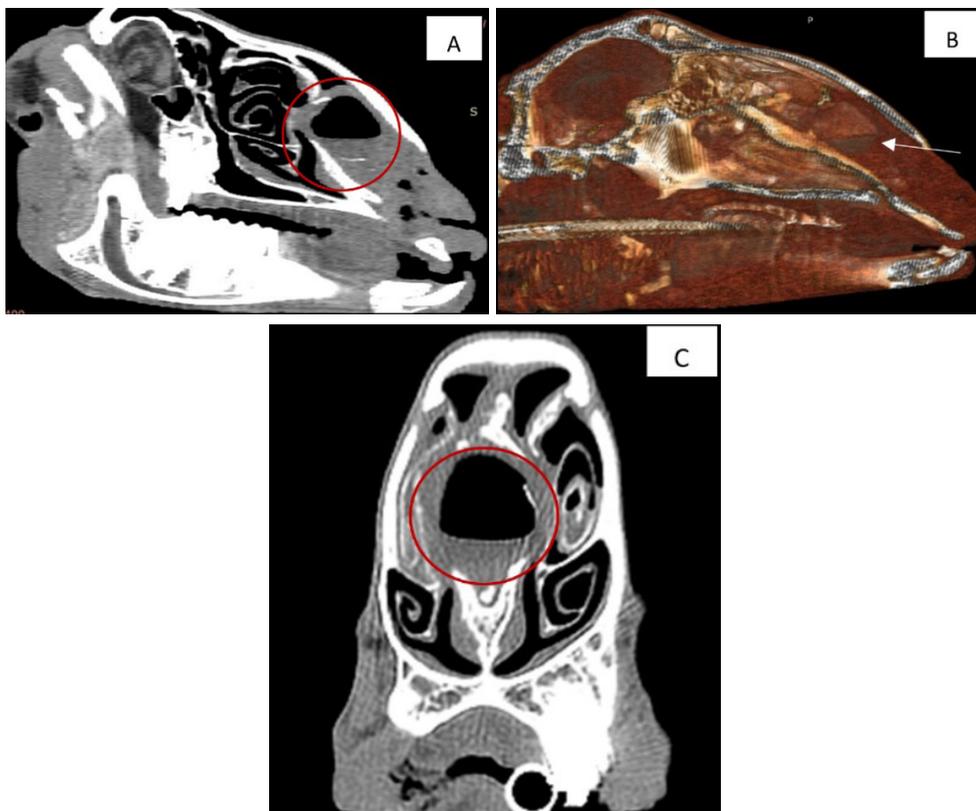


### 4.3 ABSCESO INTRANASAL

Los abscesos intranasales pueden deberse a una infección primaria o secundaria. Los abscesos de contenido caseoso se han asociado a *Corynebacterium pseudotuberculosis*, en estos casos el contenido caseoso se encuentra en el lugar de los cornetes nasales que han sido destruidos. También se han asociado abscesos intranasales a *Staphylococcus* spp., se forman acúmulos de pus en los cornetes los cuales pueden llegar a formar abscesos (Ferrer, García de Jalón y De las Heras, 2007).

Estos abscesos intranasales causan dificultad respiratoria, en casos más graves pueden provocar deformación facial e incluso llegar a fistulizar (fig.3) (Ferrer et al., 2020).

Fig. 3. **A)** Corte sagital del cráneo de un ovino con absceso en el tabique nasal. Se observa la cavidad con aire y líquido en su interior (circunferencia roja). **B)** Corte sagital 3D en el que se observa el absceso en el tabique nasal y el contenido en su interior (flecha blanca). **C)** Corte axial del cráneo de un ovino en el que se observa el absceso con contenido líquido en el tabique nasal (circunferencia roja) y la presión que ejerce en los tejidos colindantes.



### 4.4 SINUSITIS

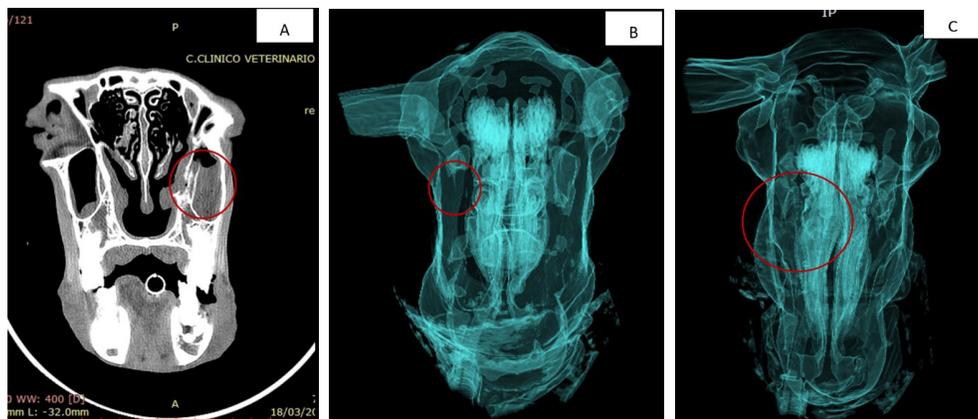
La sinusitis es la inflamación de la mucosa de los senos paranasales. Las sinusitis pueden ser de tipo primario o secundario. Las sinusitis secundarias pueden estar

causadas por la infección de una raíz dental, por fracturas dentales, por traumatismos, quistes, parásitos o por el descornado, afectando en este último caso al seno frontal (Freeman, 2003; Schwarz y Saunders, 2011).

La obstrucción de la apertura nasomaxilar, debido a una infección bacteriana o vírica en la mucosa, también es una de las causas que predisponen al desarrollo de la sinusitis, dado que se bloquea el correcto drenaje de los senos (Freeman, 2003).

Las imágenes tomográficas permiten estudiar las alteraciones óseas debido al descornado. También se observa el acúmulo de contenido en los senos en los casos debidos a la obstrucción de la apertura nasomaxilar, o en las sinusitis causadas por un problema dental (fig. 4).

Fig. 4. **A)** Corte axial del cráneo de un ovino en el que se observa sinusitis del seno maxilar derecho con acúmulo de material en su interior (circunferencia roja). **B)** Vista rostral 3D con filtro de vías aéreas en la que se aprecia la falta de aire en el seno maxilar derecho con una masa negra (circunferencia roja). **C)** Vista dorsal 3D con filtro de vías aéreas en la que encontramos deformación del septo nasal hacia el lado izquierdo debido al acúmulo de contenido en el seno maxilar derecho (circunferencia roja).

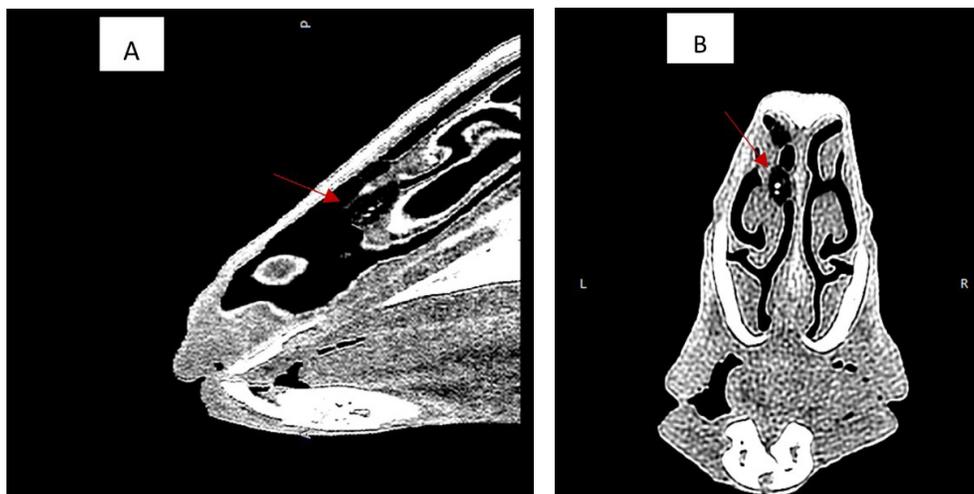


#### 4.5 OESTROSIS

La Oestrosis es una miasis causada por las larvas de *Oestrus ovis*, parásitos obligados de la cavidad nasal y senos nasales de ovejas y cabras (Gracia et al., 2010). La migración y crecimiento larvario en las cavidades nasales provoca rinitis crónica, estornudos frecuentes, dificultad respiratoria, y descarga nasal de tipo serosa, mucosa, o purulenta en los casos más graves. Todo ello deriva en una pérdida de condición corporal del animal. La infección induce un engrosamiento de la mucosa sinusal, así como hiperplasia y metaplasia del epitelio nasal y etmoidal (Gracia et al., 2019).

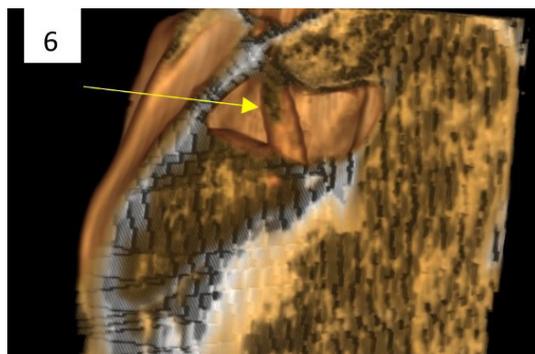
El uso de la TC para su diagnóstico permite visualizar las secreciones nasales, el engrosamiento de la mucosa e incluso segmentos de las larvas (fig. 5) (Castells et al., 2019).

Fig. 5. **A)** Corte sagital del cráneo de un ovino con oestrosis en el que se observa un corte de la larva en la zona rostral del cornete ventral (flecha roja). **B)** Corte axial en el que se aprecia el corte de transversal de la larva entre los cornetes dorsal y ventral (flecha roja).



El Servicio Clínico de Rumiantes (SCRUM) de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza describió el 11 de noviembre de 2020 un pupario aberrante de *Oestrus ovis*, localizado en el interior del seno infraorbitario de un ovino (fig. 6), siendo una localización atípica de este parásito.

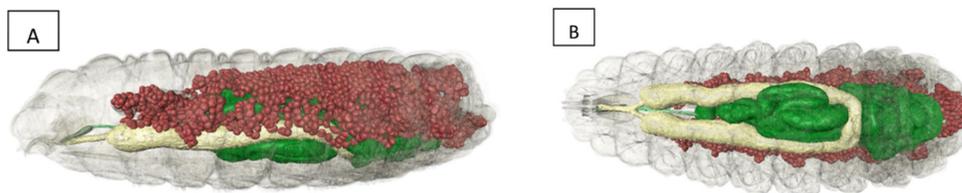
Fig. 6. Corte sagital y reconstrucción 3D del cráneo de un ovino. Se observa un pupario de *Oestrus ovis* en el interior del seno infraorbitario (flecha amarilla).



Otra de las aplicaciones de la TC, y menos conocida, es la microtomografía computarizada ( $\mu$ -TC). La diferencia principal entre TC y  $\mu$ -TC es la resolución, siendo milimétrica en la  $\mu$ -TC (Schoborg, 2020).

Gracias a esta técnica, en colaboración con la Universidad de Alcalá de Henares y el Museo de Ciencias Naturales de Londres, hemos podido visualizar los diferentes estadios de *Oestrus ovis* con alta resolución, lo que ha permitido describir su anatomía, desarrollo y fisiología (fig.7) (Martín-Vega et al., 2021).

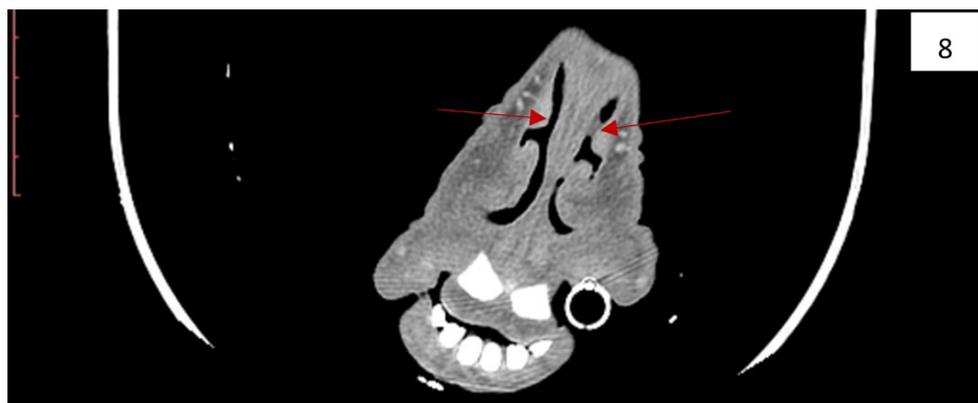
Fig. 7. Larva de tercer estadio de *Oestrus ovis*. Modelo 3D en vista lateral (A) y ventral (B). Se observa el tubo digestivo (verde) las glándulas salivales (amarillo), y los cuerpos grasos (rojo).



#### 4.6 ESTERTOR NASAL CRÓNICO OVINO (ENCO)

Este síndrome se caracteriza por la producción de un estertor debido al estrechamiento del orificio nasal causado por una hipertrofia inflamatoria de la mucosa nasal (Natorp, 2005). Aunque no se ve afectada de forma significativa la condición corporal de los animales afectados, la dificultad respiratoria sí afecta negativamente a su bienestar (García-Sanmartín, J. et al., 2002). En los estadios más avanzados puede llegar a darse una obstrucción completa de los ollares (Natorp, 2005). La etiopatogenia es aún poco conocida (Ruiz de Arcaute et al., 2013). La tomografía computarizada permite evaluar la extensión y grado de la obstrucción nasal (fig. 8).

Fig. 8. Corte axial del cráneo de un ovino, a nivel de los incisivos. Con el contraste se delimita el tejido más superficial de la mucosa, observándose la obstrucción del meato nasal debido a la inflamación de la mucosa nasal (flechas rojas).



#### BIBLIOGRAFÍA

Caicedo, J.A., Ávila, M.A. y Cubides, J.D. (2016) Enfermedades respiratorias de vías aéreas bajas en ovinos, impacto regional, principales etiologías infecciosas y métodos de diagnóstico. *Zoociencia*, 3(1). Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/zoociencia/article/view/522>

Castells, E., Lacasta, D., Climent, M., Pérez, M., Sanroman, F., Jiménez, C. y Ferrer, L.M. (2019). Diagnostic imaging techniques of the respiratory tract of sheep. *Small Ruminant Research*, 180, 112-126. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.021>

De las Heras, M., Minguijón, E., Ferrer, L.M., Ortin, A., Dewar, P., Cebrian, L.M., Pascual, Z., García, L., García de Jalón, J.A. y Sharp, J.m. (1998). Naturally occurring enzootic nasal tumor of sheep in Spain: pathology and associated retrovirus. *European Journal Veterinary Pathology*, 4, 11–15.

De las Heras, M., Ortin, A., Cousens, C., Minguijón, E., y Sharp, J.M. (2019). Enzootic nasal adenocarcinoma in sheep: An update. *Small Ruminant Research*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.04.018>

Ferrer, L.M., García de Jalón, J.A. y De las Heras, M. (2007). *Atlas de patología ovina*. Servet.

Ferrer, L.M., Ramos, J.J., Castells, E., Ruiz, H., Climent, M., y Lacasta, D. (2020). Use of Computed Tomography and Thermography for the Diagnosis of Respiratory Disorders in Adult Sheep. *Sheep Farming - An Approach to Feed, Growth and Health*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.92615>

Freeman, D.E. (2003). Sinus disease. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, 19(1), 209–243. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(02\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(02)00062-7)

García-Sanmartín, J., García-Pérez, A.L., Barandika, J., Ariznabarreta, A., Juster, R.A., Moreno, B., Gómez, N., Aduriz, G., y Berriatua, E. (2002). Estertor nasal crónico ovino (ENCO). Descripción clínica y epidemiológica y su relación con el eczema facial ovino. *En SEOC. XXVII Jornadas Científicas y VI Jornadas Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, 611–616. <https://seoc.eu/es/2002-valencia/>

Gracia, M.J., Lucientes, J., Peribáñez, M.A., Castillo, J.A., Calvete, C. y Ferrer, L.M. (2010). Epidemiology of *Oestrus ovis* infection of sheep in northeast Spain (mid-Ebro Valley). *Tropical animal health and production*, 42(5), 811–813. <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9503-8>

Gracia, M.J., Ruiz de Arcaute, M., Ferrer, L.M., Ramo, M., Jiménez, C. y Figueras, L. (2019). Oestrosis: Parasitism by *Oestrus ovis*. *Small Ruminant Research*, 181, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.04.017>

Humann-Ziehank, E., Brauer, C., Kuks, A., Andreae, A., Bruegmann, M.L. y Ganter, M. (2011). Imaging and score-based quantification of ovine pulmonary adenocarcinoma using computed tomography as an additional tool in advanced clinical diagnosis. *Small Ruminant Research*, 96(2), 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.11.016>

Keane, M. Paul, E., Sturrock, C.J., Rauch, C. (2017). Computed Tomography in Veterinary Medicine: Currently Published and Tomorrow's Vision. *Computed Tomography - Advanced Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68556>

Lacasta, D., Ferrer, L.M., Ramos, J.J., Bueso, J.P., Borobia, M., Ruiz de Arcaute, M., Figueras, L., González-Sainz, J.M. y De las Heras, M. (2012). Chronic proliferative rhinitis associated with *Salmonella enterica* subspecies *diarizonae* serovar 61:k:1, 5, (7) in sheep in Spain. *Journal of Comparative Pathology*, 147(4), 406–409. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2012.03.004>

Lacasta, D., González, J.M., Navarro, T., Saura, F., Acín, C., y Vasileiou, N.G.C. (2019). Significance of respiratory diseases in the health management of sheep. *Small Ruminant Research*, 181, 99–102. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.03.004>

Martín-Vega, D., Clark, B., Ferrer, L.M., López-Tamayo, S., Panadero, R., Cepeda-Palacios, R., Colwell, D.D. y Hall, M.J.R. Major differences in the larval anatomy of the digestive and excretory systems of three Oestridae species revealed by micro-CT. *Medical and Veterinary Entomology*. 2021 Mar;35(1):106-120. <https://doi.org/10.1111/mve.12476>

Natorp, J.C. (2005). Conduite à tenir lors d'oblitération nasale ovine. *Affections des voies respiratoires supérieures chez les ovins*. Le Point Vétérinaire (256), 40–44.

Rubira, I., Figueras, L., De las Heras, M., Bueso, J.P., Castells, E., Climent, M., y Lacasta, D. (2019). Chronic proliferative rhinitis in sheep: An update. *Small Ruminant Research*, 179, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.09.001>

Ruiz de Arcaute, M., Ferrer, L.M., Lacasta, D., Conde, T., Fondevila, J., Gartzandia, A., González, J.M., Ortega, M., Ortín, A., Marca, C., Espada, M. y Figueras, L. (2013). Uso de los rayos X en el diagnóstico de las patologías de vías respiratorias altas en el ganado ovino. *XV Jornadas sobre Producción Animal*, II, 813–815.

Schoborg T. A. (2020). Whole Animal Imaging of *Drosophila melanogaster* using Microcomputed Tomography. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (163), 10.3791/61515. <https://doi.org/10.3791/61515>

Schwarz, T. y Saunders, J. (2011). *Veterinary Computed Tomography*. John Wiley & Sons.

Scott, P.R. (2010). Lung auscultation recordings from normal sheep and from sheep with well-defined respiratory tract pathology. *Small Ruminant Research*, 92(1), 104–107. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.04.010>

Ventura, J. A., Ruiz, H., Calasanz, J.C., Castells, E. y Ramos, J.J. (2020). Brote de Adenocarcinoma Nasal Enzootico en cabras. *ANGRA Servicio Clínico de Rumiantes (SCRUM)*. Available at: <https://www.rasaaragonesa.com/wp-content/uploads/2020/03/ADENOCARCINOMA-NASAL-ENZOOTICO-EN-CABRAS.pdf>

## CAPÍTULO 25

### COEFICIENTE DE TOLERÂNCIA AO CALOR DE CABRAS MESTIÇAS CRIADAS NO MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA

Data de submissão: 30/09/2021

Data de aceite: 11/10/2021

**Alex Mikael Carvalho da Silva**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia do Maranhão – IFMA  
Caxias – MA  
<http://lattes.cnpq.br/5165423811262183>

**Luiz Antonio Silva Figueiredo Filho**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia do Maranhão – IFMA  
Caxias – MA  
<http://lattes.cnpq.br/3985156705338283>

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a tolerância ao calor de caprinos mestiços criados no município de Caxias (MA), bem como correlaciona-lo com índices produtivos. A pesquisa foi desenvolvida no setor de caprinocultura do IFMA Campus Caxias utilizando-se 14 caprinos mestiços em idade adulta, dos quais foram mensurados: temperatura retal (TR), peso corporal e comprimento corporal (CC). Foram calculados o coeficiente de tolerância ao calor (CTC), o ganho de peso diário (GPD) e o índice de compactidade corporal (ICC). Os dados foram utilizados para análise estatística descritiva, análise de variância, comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% e correlação de

Pearson. Observou-se uma média de CTC de 88,87. Este valor é um indicativo de que o rebanho se encontra adaptado às condições térmicas nas quais estão sendo criados. Os valores médios de CTC nos períodos seco e chuvoso não apresentaram diferenças significativas. Os animais apresentam um CTC de 85,65 % no período matutino enquanto que no turno vespertino registrou-se um maior valor 90,68%, evidenciando a capacidade de controle térmico dos animais, mesmo sob temperaturas ambientais mais elevadas. O cálculo do coeficiente de tolerância ao calor é um bom indicativo da adaptabilidade fisiológica de caprinos mestiços submetidos às condições climáticas adversas. O coeficiente de tolerância ao calor está negativamente relacionado com avaliações corporais e peso corporal ou apresenta pouca relação com características produtivas em caprinos mestiços. Estas correlações negativas provavelmente são consequências das perdas de peso ocorridas durante o período experimental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioclimatologia. Caprinocultura. Coeficiente de Tolerância ao Calor.

**HEAT TOLERANCE COEFFICIENT OF CROSSBRED GOATS RAISED IN THE MUNICIPALITY OF CAXIAS – MA**

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the heat tolerance of crossbred goats raised in the

city of Caxias – MA, as well as to correlate it with production rates. The research was developed in the goat farming sector of the IFMA Campus Caxias using 14 crossbred adult goats, of which the following were measured: rectal temperature (TR), body weight and body length (CC). The heat tolerance coefficient (CTC), the daily weight gain (GPD) and the body compactness index (ICC) were calculated. Data were used for descriptive statistical analysis, analysis of variance, comparison of means by Tukey test at 5% and Pearson correlation. An average CTC of 88.87 was observed. This value is an indication that the herd is adapted to the thermal conditions in which they are being raised. The mean values of CTC in the dry and rainy periods did not show significant differences. The animals have a CTC of 85.65% in the morning, while in the afternoon shift there was a higher value of 90.68%, evidencing the animals' thermal control capacity, even under higher environmental temperatures. The calculation of the heat tolerance coefficient is a good indication of the physiological adaptability of crossbred goats related to adverse weather conditions. The heat tolerance coefficient is negatively related to body assessments and body weight or has little relationship with productive characteristics in crossbred goats. These negative correlations are likely a consequence of the weight losses that occurred during the experimental period.

**KEYWORDS:** Bioclimatology. Goat farming. Heat Tolerance Coefficient.

## 1 INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil, a produção da caprinocultura apresenta-se como atividade fixadora do homem no campo e possui importância significativa para o desenvolvimento socioeconômico da região. Isto pode ser explicado pelo potencial desta espécie em se adaptar às condições climáticas encontradas nos biomas nordestinos do país, caracterizados por alta incidência de radiação solar e altas temperaturas durante o ano inteiro, o que provoca situações de desconforto térmico aos animais.

Todavia, assim como em qualquer produção animal, a eficiência produtiva está diretamente relacionada ao conforto térmico proporcionado ao animal, ou seja, é necessário manter o indivíduo em uma faixa fora do estresse térmico para que o mesmo não necessite acionar os mecanismos termorreguladores para efetuar a dissipação de calor (Souza et al., 2002), mantendo-o com as funções funcionais direcionadas para a produção e produtividade. Portanto, a produção animal na região do Nordeste do país enfrenta dificuldades quanto ao estresse térmico em que os animais, na maioria das vezes, estão submetidos (SOUZA et al., 2005).

O clima é um dos fatores ambientais que afeta direta e indiretamente os animais, causando alterações de respostas fisiológica, comportamental e produtiva (NEIVA et al., 2004). Considerando que os caprinos são homeotérmicos, é importante o provimento de instalações e manejo que mantenham as temperaturas ambientais dentro da faixa de conforto térmico.

Neste contexto, os estudos do efeito do clima sobre o desempenho produtivo dos animais de produção são importantes para posterior adoção de melhorias de manejo e instalações, reforçando a importância da interação animal-ambiente para com os processos produtivos (SOUSA JÚNIOR et al., 2008).

Diversos métodos são utilizados para avaliar a tolerância ao calor dos animais de produção. A exemplo, cita-se Baccari Júnior(1986), que propuseram o teste de tolerância ao calor, bastante aplicável para avaliar a adaptabilidade de ruminantes a nível de campo, baseando na capacidade de dissipação de calor dos animais após a exposição à radiação solar direta. Outro método para mensurar objetivamente está capacidade de tolerar o estresse térmico foi utilizado por Martins Júnior et al. (2007), que utilizaram a temperatura retal como parâmetro fisiológico para esta mensuração do coeficiente de tolerância ao calor de caprinos criados na região Meio-Norte do país.

O conhecimento do estresse térmico e a análise da capacidade de adaptar-se à está condição vem sendo estudado, todavia ainda existe uma lacuna no que tange a quantificação das alterações causadas pelo desconforto térmico junto aos índices produtivos, de forma que, feito a identificação dos impactos, medidas possam ser adotadas para minimizar o estresse e, conseqüentemente, aumentar a produção animal.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

As condições climáticas da região Nordeste do país, local de destaque na criação de caprinos com um efetivo de 8.944.461 cabeças (IBGE, 2018), submetem os animais a situações inadequadas do ponto de vista nutricional e ambiental, que acabam prejudicando a eficiência produtiva e reprodutiva destes animais (BEZERRA et al., 2011). Associado ao clima, os sistemas de criação adotados na caprinocultura predispõem os animais a condições de temperatura e umidade inadequadas. O resultado desta associação é o impedimento da exteriorização do potencial produtivo dos animais (SOUZA et al., 2011).

O ambiente térmico, principalmente em condições de campo, é bastante complexo, limitando sensivelmente a determinação da termorregulação, uma vez que a radiação, a velocidade do vento, a umidade e a temperatura do ar modificam-se no tempo e no espaço. Essas variáveis interagem entre si de modo que a alteração de uma única variável ambiental pode alterar consideravelmente todos os fatores envolvidos no equilíbrio térmico dos animais (SILVA, 2000; ROBERTO et al., 2010).

Portanto, o clima reflete sobre o bem-estar animal e, conseqüentemente, nos índices produtivos da atividade animal, tornando-se fator regulador ou mesmo limitador da exploração animal para fins econômicos (PEREIRA, 2005), em virtude da constante interação animal-

ambiente que promovem alterações fisiológicas, comportamentais e produtivas. Logo está interação e seus reflexos, seja na fisiologia ou produção animal, deve ser observada quando se busca uma maior eficiência na exploração animal (NEIVA et al., 2004).

Na produção caprina o estresse térmico é fator limitante, o que dificulta a exploração econômica da espécie, bem como a produção de produtos e subprodutos oriundo da atividade (HOPKINS et al., 1978). As altas temperaturas e elevada umidade do ar submetem os animais a situação de estresse térmico e acarretar mudanças nas reações fisiológicas e comportamentais dos animais (SILVA, et al., 2006; MEDEIROS et al., 2008), redução na ingestão e eficiência alimentar (SILANIKOVE, 2000), no crescimento, na reprodução e produção de leite (BRASIL et al., 2000). Fisiologicamente, a temperatura ambiente representa a principal componente climatológico sobre as variáveis fisiológicas, seguida pela radiação solar, a umidade relativa do ar e o movimento do ar (LEE et al., 1974).

A condição de estresse térmico ocasiona o acionamento de mecanismos fisiológicos de termorregulação visando a manutenção da homeotermia, sendo esta a capacidade do indivíduo de manter a temperatura corporal em níveis constantes, independentemente de variações da temperatura ambiente (JOHNSON, 1987). Tal situação reflete negativamente nos aspectos sanitários, produtivos e comportamentais a ponto de animais fora da faixa de conforto térmico apresentarem perda de peso, crescimento retardado, problemas respiratórios e hormonais, falta de apetite, entre outros problemas (SOUSA JÚNIOR et al., 2008).

Em outras palavras, em ambientes de temperatura elevada, quando a termogênese (produção) é maior que a termólise (perda) pelos animais todas as fontes que geram calor endógeno são inibidas, principalmente o consumo de alimento e o metabolismo (SOUZA et al., 2008). A redução na ingestão de alimentos diminui os nutrientes e energia líquida disponível para produção animal (BRASIL et al., 2000).

Nesse sentido, o conhecimento da tolerância e da capacidade de adaptação dos animais é importante, por exemplo, para critério de seleção e definição de cruzamento, bastante adotado em programas de melhoramento genético animal, servindo como embasamento técnico para a exploração de caprinos na região dos trópicos. Denomina-se “tolerância ao calor” a resistência por parte dos animais às altas temperaturas do ambiente e à intensa radiação solar próprias do clima tropical, variando em grau de acordo com a espécie, raça e mesmo indivíduos, sendo a habilidade do animal em evitar consequências da ação direta do calor (LEE et al., 1974).

Testes podem ser realizados a fim de avaliar a adaptabilidade fisiológica e rendimento produtivo dos animais a ambientes que apresentem condições térmicas estressantes (BACCARI JÚNIOR et al., 1998). Como relatado anteriormente, a interação

entre animal-ambiente deve ser levada em consideração quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, considerando-se que o conhecimento das variáveis climáticas, sua ação sobre as respostas comportamentais e fisiológicas dos animais, são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade pecuária (NEIVA et al., 2004). Uma das formas de avaliar a capacidade fisiológica dos animais de tolerar melhor o calor foi proposto por Baccari Júnior (1986), que utilizaram o índice de tolerância ao calor (ITC) que se baseia na capacidade de dissipação de calor dos animais após exposição à radiação solar direta.

Parâmetros fisiológicos são utilizados para calcular os índices de tolerância ao calor. Exemplificando-se, a temperatura retal pode ser tomada como índice de adaptabilidade, ou seja, animais que têm capacidade de manter sua temperatura retal próxima aos parâmetros normais da espécie (38,5 a 40°C), sem grande alteração na frequência respiratória, são considerados mais tolerantes ao calor (BACCARI JÚNIOR et al., 1998). Outros métodos podem ser utilizados como os testes de Ibéria ou Rhoad, de Benezra, de Rainsby (MULLER, 1982) e o cálculo do Coeficiente de Tolerância ao Calor (CTC) proposto por Martins Júnior et al. (2007).

### 3 JUSTIFICATIVA

A caprinocultura é uma atividade com importância socioeconômica na região Nordeste, em virtude dos produtos e subprodutos oriundos desta atividade pecuária, seja carne, leite ou couro. Não diferente dos demais municípios, Caxias (MA) também tem um efetivo considerável de caprinos, ultrapassando 7.800 cabeças (IBGE, 2018), rebanho este que fornece matéria-prima para a atividade agropecuária local, com destaque para a produção agroindustrial.

O município de Caxias (MA) está localizado na região dos Cocais Maranhenses, microrregião que apresenta temperaturas elevadas e baixa umidade do ar, com período de seca prolongado, o que acaba ocasionando situação de estresse térmico aos animais.

Logo, avaliar a capacidade dos caprinos de suportar ao estresse térmico e, conseqüentemente, conseguir bons índices produtivos sob estas condições climáticas é importante, tendo em vista que estas informações servirão de subsídios para as tomadas de decisão na exploração animal.

### 4 OBJETIVOS

**Geral:** Avaliar a tolerância ao calor de caprinos mestiços criados no município de Caxias (MA), bem como correlacionar com índices produtivos.

### **Específicos:**

- Calcular do coeficiente de tolerância ao calor médio (CTCm) do rebanho de caprinos mestiços do IFMA Campus Caxias;
- Calcular o ganho de peso médio diário;
- Correlacionar o coeficiente de tolerância ao calor médio do rebanho com características produtivas;
- Comparar o coeficiente de tolerância ao calor médio nos períodos seco e chuvoso do ano.

## **5 METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado no Setor de ovinocaprino cultura de corte do IFMA Campus Caxias, no município de Caxias (MA). Participaram da pesquisa 15 caprinos adultos, fêmeas, criados em sistema semi-intensivo, com pastejo em pasto misto (nativo e cultivado), com suplementação no período seco do ano. Água e sal mineral ofertados de forma ad libitum.

Para o cálculo do Coeficiente de Tolerância ao Calor (CTC) por animal, foi utilizada a fórmula apresentada por Martins Júnior et al. (2007):

$$CTC = 100 - [18(TR - 39,10)]$$

Nela, CTC se refere ao coeficiente de tolerância ao calor; 100 é a eficiência máxima em manter a temperatura corporal em 39,1°C; 18 é uma constante; TR é a temperatura média final; e 39,1 é a temperatura retal média considerada normal para a espécie caprina. A temperatura retal foi determinada através de termômetro clínico veterinário introduzido na ampola retal, mantendo-o em contato direto com a mucosa anal até estabilização da temperatura. Quanto mais próximo de 100 for o CTC encontrado maior a tolerância dos animais ao calor.

Foram realizadas pesagens com auxílio de balança digital com gaiola de contenção de capacidade máxima de 300 kg, para o cálculo do ganho de peso médio diário (GPD), conforme se segue:

$$GPD = \frac{\text{Peso atual} - \text{Peso anterior}}{\text{Quantidade de dias entre pesagens}}$$

Além disso, foi mensurado o comprimento corporal dos animais para o cálculo do índice de compactidade corporal (ICC), conforme sugerido por Costa Júnior et al. (2006), sendo:

$$ICC = \frac{\text{Peso vivo final}}{\text{Comprimento corporal}}$$

Por fim, foi atribuído escore da condição corporal (ECC) individual dos animais, avaliando-se a cobertura de gordura e o desenvolvimento muscular das regiões lombares e esternais, atribuindo-se nota de 1 a 5 pontos, sendo 1 para animais com baixa cobertura de gordura e pouca massa muscular e 5 a nota máxima para animais com muita cobertura de gordura e massa muscular nas regiões avaliadas.

Todas as informações foram coletadas duas vezes por semana, sendo a cada dia aferidas no período da manhã entre 9h00 e 10h00 e no período da tarde entre 14h30 e 15h30, durante todo o período experimental. A temperatura ambiente e umidade relativa do ar foram diariamente registradas com auxílio de termo-higrômetro

Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas para análises estatísticas. Para tanto, foram realizadas análise estatística descritiva dos dados, análise de variância, comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e correlação de Pearson ( $P > 0,05$ ), todas com auxílio do software Paleontological Statistics - PAST 3.0. Foi considerado o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2 x 2, sendo dois períodos (seco, de agosto a dezembro, e chuvoso, de janeiro a maio) e dois turnos (manhã e tarde), com 15 repetições.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis estudadas em 15 caprinos fêmeas sem padrão racial definido (SRD) do IFMA Campus Caxias estão apresentadas na Tabela 1, na qual apresenta-se a estatística descritiva das mesmas.

Tabela 1. Estatística descritiva das características estudadas.

Variáveis	Estatística descritiva				
	N	Media ( $\pm$ DP)	Valor máximo	Valor mínimo	CV
<b>Peso (Kg)</b>	246	32,89 ( $\pm$ 8,01)	53	14	24,35
<b>GPD (Kg)</b>	15	0,01 ( $\pm$ 0,02)	0,06	-0,025	357,72
<b>CC (cm)</b>	15	67,32 ( $\pm$ 6,25)	76,75	57,25	9,29
<b>ECC (pontos)</b>	259	3,29 ( $\pm$ 0,62)	5	2	18,9
<b>ICC (kg/cm)</b>	15	0,46 ( $\pm$ 0,08)	0,56	0,28	17,04
<b>CTC (%)</b>	15	88,77 ( $\pm$ 5,05)	99,27	82,43	5,69
<b>TR (°C)</b>	630	38,46 ( $\pm$ 0,94)	49	29	2,44

GPD: ganho de peso diário médio; CC: comprimento corporal; ECC: escore da condição corporal; ICC: índice de compactidade corporal; CTC: coeficiente de tolerância ao calor; TR: temperatura retal.

O peso corporal médio do rebanho foi de 32,89 kg (Tabela 1), reflexo do sistema semi-intensivo de criação adotado. Ao se observar a característica ganho de peso diário (GPD), nota-se que os seus valores foram muito abaixo daqueles verificados na literatura

(NAGPAL et al., 1995; CUNHA et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2007), indicando que não houve ganho de peso significativo. Estes resultados podem ser justificados pelo manejo alimentar inadequado dos animais participantes da pesquisa, considerando a escassez prologada de alimento e a não disponibilidade de suplementação alimentar durante o período experimental.

Ainda sobre a característica ganho de peso diário (GPD) destaca-se o seu coeficiente de variação, onde verificou-se o valor de 357,72% (Tabela 1). De acordo com Mohallen et al. (2008) esta alta variabilidade deve-se a própria natureza da característica, que por possuir valores muito baixos está susceptível a grandes alterações com pequenas mudanças absolutas.

Todavia mesmo com o pouco ganho de peso, os animais apresentam uma boa condição corporal, com média de 3,29 pontos para escore da condição corporal (ECC) (Tabela 1). Este resultado indica que mesmo com problemas na suplementação alimentar dos animais no período da pesquisa, não se teve, possivelmente, grandes perdas quanto a qualidade de carcaça, situação está que pode ser justificada pelo manejo sanitário adequado, não ocorrendo agravamento pela escassez de alimentos com possíveis enfermidades que poderiam comprometer a condição corporal, como as verminoses.

O valor médio para comprimento corporal foi de 67,32 cm (Tabela 1), valor próximo aos observados por Costa et al., 2012 (63,78 e 63,53 cm para machos e fêmeas, respectivamente). Este resultado relaciona-se ao o índice de compacidade corporal, onde foi verificado uma média de 0,46 kg/cm (Tabela 1), similar ao encontrado por Costa et al. (2012). Tal resultado mostra que os animais são de tamanho médio, e pode ser um indicativo de que, por serem de animais de padrão racial mestiço, não apresentam uma compacidade corporal indicativa de aptidão para carne.

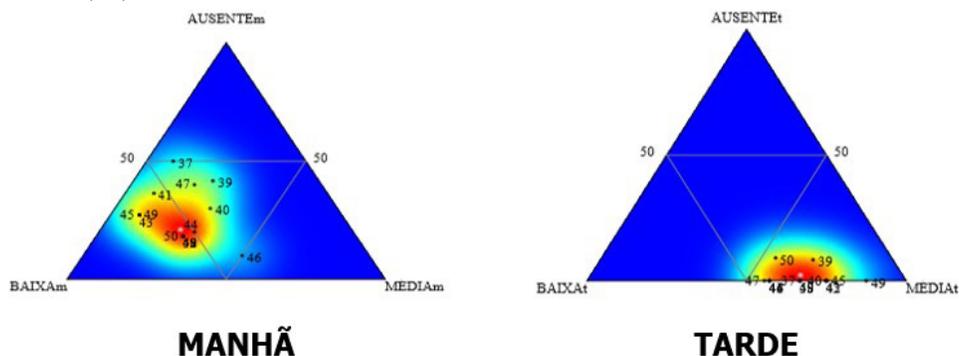
Os resultados para temperatura retal encontram-se dentro da normalidade fisiológica para a espécie estudada e com valor médio próximo aos observados por Martins Júnior et al. (2007) e por Dantas et al. (2015).

Verificou-se também que no turno da manhã a tendência era de uma baixa atividade ruminal (Figura 1), até mesmo com ausência em alguns animais. Diferentemente no turno da tarde, observa-se que existe funcionamento do rúmen em magnitude próxima a média tendendo para alta. Tal situação é explicada pela oferta de alimento, que ocorre, geralmente no turno da manhã e se estende até a tarde. Logo, na avaliação realizada no primeiro turno do dia os animais ainda estão com o rúmen quase vazio, portanto sem grandes demandas para o sistema digestivo.

Sabe-se que a ingestão de alimentos influencia a produção de calor endógeno nos ruminantes, a qual varia tanto em função da quantidade quanto da qualidade do alimento

ingerido (Baccari Júnior, 2001). De acordo com Barcelos et al. (1989), as dietas mais fibrosas proporcionam aos animais maiores frequências respiratórias e temperaturas retais, uma vez que a maior ingestão dos componentes fibrosos aumenta a produção de acetato no rúmen, elevando a produção de calor endógeno. Com isso, além da influência da elevação da temperatura, indica-se também a provável possibilidade da atuação da ingestão de alimentos como fator determinante para o aumento da temperatura retal e consequentemente dos valores de CTC no período da tarde.

Figura 1. Atividade ruminal, considerando os períodos manhã e tarde, de caprinos mestiços criados no município de Caxias (MA).



Quanto ao Coeficiente de Tolerância ao Calor (CTC), observa-se uma média de 88,87. Este valor é um indicativo de que o rebanho se encontra relativamente adaptado as condições térmicas às quais estão sendo criados, uma vez que esta média possui um distanciamento de apenas 11,13% do valor de referência. Além disso, os valores encontrados de desvio padrão e do Coeficiente de Variação desta característica (5,05 e 5,69, respectivamente) apontam para a baixa dispersão dos dados e a homogeneidade relativa deste aspecto no rebanho.

Por utilizar a temperatura retal como parâmetro na fórmula, percebe-se que o coeficiente de tolerância ao calor é bem sensível a mínima variação que possa ocorrer na temperatura. Esta influência fica mais evidente quando se observa o CTC médio do rebanho nos dois períodos do dia, sendo que no período da manhã o CTC médio obtido foi de 85,65% com uma Temperatura Retal média de 38,30, e no período vespertino no qual os animais apresentaram os maiores valores, observou-se um CTC médio de 90,68% com uma temperatura retal média de 30,74. Os valores das médias de CTC nos dois turnos do dia apresentaram diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), o que reforça a influência da temperatura retal sobre este coeficiente. Do ponto de vista produtivo os animais apresentam uma grande adaptação nos dois turnos, mas destacam-se os níveis encontrados no período da tarde, o que é um bom indicador do alto nível de rusticidade

do rebanho, já que os animais se apresentam bem adaptados as altas temperaturas encontradas neste período.

Na comparação de médias ( $p \leq 0,05$ ), os valores médios de CTC nos períodos seco e chuvoso não apresentaram diferenças significativas (Tabela 2). Isso pode indicar que os animais se apresentam adaptados as condições climáticas nas duas estações, o que conseqüentemente possibilita através de um manejo adequado o beneficiamento de características produtivas durante o ano todo. Os menores valores médios do CTC no período chuvoso estão relacionados as temperaturas mais baixas neste período, o que por sua vez diminui o gradiente de temperatura entre o ar atmosférico e a superfície corporal do animal, assim acelerando a perda de calor e fazendo com que os animais reduzam a temperatura retal.

Tabela 2. Coeficiente de Tolerância ao Calor (CTC) médio nos períodos seco e chuvoso.

<b>Coeficiente de tolerância ao calor</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor Máximo</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>CV</b>
<b>Período seco</b>	15	85,64 <sup>a</sup>	6,30	94,20	74,80	7,36
<b>Período chuvoso</b>	15	90,67 <sup>a</sup>	5,94	98,32	78,18	6,55

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de tolerância ao calor diário médios calculados para cada animal participante da pesquisa, bem como a classificação considerando está variável. Do ponto de vista individual, verifica-se que os animais 48, 49, 50 e 47 são os que estão mais adaptados as condições térmicas da região. Esta informação pode servir como um indicativo de que estes animais apresentam características adaptativas importantes para a tomada de decisão de manejo, uma vez que se espera que um alto Coeficiente de Tolerância ao calor signifique também o beneficiamento de ganho de peso e valorização de características produtivas.

Tabela 3. Coeficiente de Tolerância ao Calor (CTC) de caprinos mestiços criados no município de Caxias - MA.

<b>Classificação</b>	<b>Animal</b>	<b>CTC (%)</b>	<b>Distanciamento do valor de referência 100%</b>
<b>1º</b>	48	99,27	0,73
<b>2º</b>	49	95,75	4,25
<b>3º</b>	50	94,06	5,94
<b>4º</b>	47	92,65	7,35
<b>5º</b>	37	92,54	7,46
<b>6º</b>	43	89,75	10,25
<b>7º</b>	40	89,16	10,84
<b>8º</b>	44	86,26	13,74
<b>9º</b>	41	86,22	13,78
<b>10º</b>	59	85,78	14,22
<b>11º</b>	46	85,49	14,51
<b>12º</b>	42	84,59	15,41
<b>13º</b>	39	83,98	16,02
<b>14º</b>	34	83,62	16,38
<b>15º</b>	45	82,43	17,57

Na correlação simples entre as características estudadas (Tabela 4), enfatizam-se os valores verificados entre a característica CTC e as medidas/avaliações corporais (PESO, ECC, ICC e CCm) que indicam correlações negativas de magnitudes moderadas a altas, indicando até mesmo uma linearidade inversamente proporcional entre as características comparadas.

A única correlação positiva do CTC ocorreu quanto ao GPD, onde apresentou-se um valor positivo de baixa magnitude (0,23). Comportamentos de correlação parecidos com este foram encontrados por Medeiros e Vieira (1997), que verificaram que o coeficiente de tolerância ao calor teve pouco efeito sobre a produção de leite. Isto pode indicar que o CTC obtido através da fórmula apresentada por Martins Júnior naturalmente não se relaciona diretamente com características produtivas.

Tabela 4. Correlação de Pearson entre as características estudadas.

<b>Variáveis</b>	<b>PESO</b>	<b>ECC</b>	<b>ICC</b>	<b>GPD</b>	<b>CCm</b>
<b>CTC</b>	-0,77	-0,68	-0,80	0,23	-0,75
<b>PESO</b>		0,61	0,89	-0,33	0,94
<b>ECC</b>			0,83	0,05	0,51
<b>ICC</b>				-0,04	0,79
<b>GPD</b>					-0,41

CTC – Coeficiente de tolerância ao calor; ECC – Escore da condição corporal; ICC – Índice de compacidade corporal; GPD – Ganho de peso diário; CCm – Comprimento corporal médio.

Quanto ao GPD, esta variável relaciona-se com as demais com baixa intensidade, ou seja, não sofre grandes influências das mesmas, estando provavelmente sua variação diretamente relacionada a outras características produtivas ligadas ao manejo alimentar, assim como também pode estar sendo afetada fatores ambientais, como os problemas com o fornecimento de ração comercial para os animais enfrentados no período da seca.

É esperado uma correlação positiva entre ganho de peso diário (GPD) e a característica PESO, no entanto não foi o verificado neste caso. Provavelmente este resultado foi consequência das perdas de peso ocorridos durante o período experimental, reflexo do manejo alimentar. Dessa forma, os valores negativos de GPD podem explicar está correlação negativa com o peso corporal. Acredita-se que a baixa magnitude da correlação CTC/GPD juntamente com a correlação negativa entre CTC e PESO também possa estar relacionada a este fato.

Além dessas limitações, FARIAS comenta o não aproveitamento, para a determinação do ritmo respiratório, assim os indivíduos que conseguem evitar ou atenuar a hipertermia à custa da aceleração do ritmo respiratório (mostrando, portanto,

dificuldade de suportar o calor, por deficiência de outros aspectos mais eficientes do aparelho termorregulador), apresentarão maior coeficiente;”.

Ainda de acordo com o trabalho de Medeiros e Vieira, outros autores propuseram modificações na fórmula que determina o Coeficiente de Tolerância ao Calor. No sentido de evitar limitações do teste de RHOAD, AMAKIRI & FUNCHO utilizam a temperatura retal inicial tomada pela manhã, descartando o valor arbitrário 38,33°C e considerando a temperatura retal da tarde. Nesse caso a fórmula a ser apreciada seria:  $CTC = 100 - [18 (T_{15} - T_{10})]$  Onde:  $T_{15}$  = temperatura retal tomada às 15:00 horas  $T_{10}$  = temperatura retal tomada às 10:00 horas. BENEZRA, aproveitando os dados referentes ao ritmo respiratório, também introduziu modificações na determinação do coeficiente de tolerância ao calor pelo teste de RHOAD, tornando-a mais sensível e utilizável também com animais estabulados durante as horas mais quentes do dia:  $CTC = TC + NR - 38,33 - 23$  Onde:  $TC$  = temperatura retal  $NR$  = número de respirações por minuto obtidos no teste 38,33 e 23 = valores normais. Quanto mais próximo de 2 (dois) o coeficiente encontrado, maior a capacidade de tolerância ao calor, já que 2 seria o valor mínimo só obtido nos animais que mantivessem normais sua temperatura retal e respiração (Medeiros e Vieira, 1997).

Entre as medidas/avaliações corporais PESO, ECC, ICC e CC todas as correlações foram positivas e de moderada a alta magnitude, evidenciando e a relação entre estes índices produtivos.

## 7 CONCLUSÕES

O cálculo do coeficiente de tolerância ao calor – CTC é um bom indicativo da adaptabilidade fisiológica de caprinos mestiços submetidos às condições climáticas adversas, comum em regiões localizadas entre os trópicos.

O manejo alimentar adotado não foi eficaz para proporcionar ganho de peso durante todo o período experimental.

Os coeficientes de tolerância ao calor médios nos períodos chuvoso e seco não diferem, logo é um indicativo de que os animais estão adaptados as variações climáticas observadas nas estações do ano. Já considerando o turno do dia, os animais apresentam maior CTC no turno vespertino, evidenciando a capacidade de controle térmico dos animais, mesmo sob temperaturas ambientais mais elevadas.

O coeficiente de tolerância ao calor está negativamente relacionado com avaliações corporais e peso corporal ou apresenta pouca relação com características produtivas em caprinos mestiços.

## 8 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA CAMPUS CAXIAS e a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA que através do edital PRPGI N° 05/2019 – PIBIC SUPERIOR 2019/2020 forneceram todo o suporte e disponibilização de recursos imprescindíveis para a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AGY, M.S.F.A. et al. **Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de cabritos alimentados com dietas contendo torta de girassol oriunda da produção de biodiesel.** *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, Belo Horizonte, v. 64, n.5, p.1292-1301, Oct. 2012. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010209352012000500029&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010209352012000500029&lng=en&nrm=iso)>. Accessed 20 Aug. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352012000500029>.

BACCARI JÚNIOR, F. **Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais nos trópicos.** Fundação Cargill, In: XI Semana de Zootecnia, Anais, Pirassununga/SP, p.53- 64, 1986.

BACCARI Jr., F.; et al. **Heat tolerance and growth rate of young buffalo bulls.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1998. Goiânia. Anais...p.349-353, 1998.

BEZERRA, W.M.A.; et al. **Comportamento fisiológico de diferentes grupos genéticos de ovinos criados no semiárido paraibano.** *Revista Caatinga*, v.24, n.1, p.130-136, 2011.

BRASIL, L.H.A. et al. **Efeito do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça alpina.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p.1632-1641, 2000.

COSTA, M. S.; et al. **Caracterização morfométrica de caprinos Marota do núcleo de conservação in situ.** In: IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, Anais... João Pessoa, 2012.

COSTA JUNIOR, G.S.; et al. **Caracterização morfométrica de ovinos da raça Santa Inês criados nas microrregiões de Teresina e Campo Maior, Piauí.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.2260-2267, 2006.

CUNHA E. A.; et al. **Desempenho e características de carcaça de cabritos saanen e mestiços Boer x Saanen abatidos com diferentes pesos.** *Brazilian Industry Animal*, N. Odessa, v.61, n.1, p.63-73, 2004.

DANTAS, P. L. C.; et al. **PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E GRAU DE ESTRESSE TÉRMICO DE CAPRINOS, NO MUNICÍPIO DE PICUÍ-PB.** In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC, 2015, Fortaleza-CE. Anais..., 2015.

HOPKINS, P. S.; KNIGHTS, G. I.; LEFEURE, A. S. **Studies of the environmental physiology of tropical Merinos.** *Australian Journal Agriculture Research*, v. 29, n. 1, p. 61-71, 1978. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**, Brasil.

2018. JOHNSON, H.D. **Bioclimatology and adaptation of livestock.** Amsterdam: Elsevier, 1987. 279p.

LEE, J. A.; ROUSSEL, J. D.; BEATTY, J. F. **Effect of temperature season on bovine adrenal cortical function, blood cell profile, and milk production.** *Journal of Dairy Science*, v. 59, n. 1, p. 104-108, 1974.

- MARTINS JÚNIOR, L.M.; et al. **Adaptabilidade de caprinos Boer e Anglo- Nubiana às condições climáticas do meio-norte do Brasil.** Archivos de Zootecnia, v.56, n.214, p.103-113, 2007.
- MEDEIROS, L.F.D. et al. **Reações fisiológicas de caprinos das raças Anglo- nubiana e Saanen mantidos à sombra, ao sol e em ambiente parcialmente sombreado.** Boletim da Indústria Animal, v.65, n.1, p.7-14, 2008. MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. *Bioclimatologia Animal*. P. 66-71, 1997. Disponível em <<https://www.passeidireto.com/arquivo/1587223/bioclimatologia-animal>> acessado em 11 de Agosto de 2020.
- MOHALLEM, D. F.; et al. **Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frangos de corte.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 60, n. 2, p. 449-453, 2008.
- MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos.** 2.ed. Porto Alegre: Sulina, 1982. 157p.
- NAGPAL, A. K.; et al. **Effect of weaning age and feeding system on growth performance and carcass traits of male kids in three breeds in India.** Small Ruminant Research. v.17, p.45-50, 1995.
- NEIVA, J. N. M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S. H. N. **Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santas Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 668- 678, 2004.
- OLIVEIRA, A. N.; et al. **Desempenho em confinamento de caprinos mestiços Anglonubiano e Boer de diferentes grupamentos genéticos.** Ciência Animal, v.17, p.69-74, 2007.
- PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal.** Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.
- ROBERTO, J.V.B. et al. **Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semi-árido paraibano.** Revista Caatinga, v.23, n.1, p.127- 132, 2010. SAS Institute, SAS (Statistical Analysis System). User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002. 129p.
- SILANIKOVE, N. **Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants.** Livestock Production Science, v.67, p.1-18, 2000. SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SILVA, G. A. **Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semiárido paraibano.** Ciências e Agrotecnologia, v. 30, n. 3, p. 516-521, maio/jun. 2006.
- SILVA, F. L. R. da; ARAÚJO, A. M. de. **Desempenho produtivo em caprinos mestiços no semiárido do Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.4, p.1028-1035, 2000.
- SOUSA JÚNIOR, S.C; MORAES, D. E. F; VASCONCELOS, A. M. et al. **Respostas termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos na região semi-árida.** In:Revista Científica de Produção animal, v. 10, n 2, 2008.
- SOUSA, W.H.; et al. **Genetic improvement of goats in Brazil: Experiences, challenges and needs.** Small Ruminant Research, v.98, n.6, p. 147-156, 2011.
- SOUZA, B.B.; SOUZA, E.D.; SILVA, R.M.N. et al. **Respostas fisiológicas de caprinos de diferentes grupos genéticos no Semi-Árido paraibano.** Ciência e Agrotecnologia, v.32, p.314-320, 2008.
- SOUZA, E. D. et al. **Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 29, n. 1, p. 177-184, 2005.

## INTOXICACIÓN POR PLANTAS EN RUMIANTES: BASES PARA EL DIAGNÓSTICO CLÍNICO

Data de submissão: 09/09/2021

Data de aceite: 24/09/2021

### Hélder Quintas

Centro de Investigação de Montanha  
Instituto Politécnico de Bragança, Portugal  
ORCID: 0000-0002-6934-1669

### Carlos Aguiar

Centro de Investigação de Montanha  
Instituto Politécnico de Bragança, Portugal  
ORCID: 0000-0001-8643-7112

### Juan José Ramos Antón

Facultad de Veterinaria  
Universidad de Zaragoza, España  
ORCID: 0000-0002-2724-2785

### Delia Lacasta Lozano

Facultad de Veterinaria  
Universidad de Zaragoza, España  
ORCID: 0000-0002-7822-6646

### Luis Miguel Ferrer Mayayo

Facultad de Veterinaria  
Universidad de Zaragoza, España  
ORCID: 0000-0003-0042-8800

**RESUMEN:** Las plantas tóxicas pueden tener un efecto determinante en la salud animal y un grave impacto económico en

las explotaciones pecuarias. Más allá de la naturaleza inespecífica de los cuadros clínicos, la escasez de informaciones veterinaria y botánica adaptadas a la realidad del trabajo veterinario diario, hacen particularmente difícil el establecimiento de las relaciones causa-efecto entre el consumo de plantas y la enfermedad animal. Por lo que es necesaria la profundización y la integración en la práctica clínica del efecto de la ingestión de plantas tóxicas en la salud de los rumiantes domésticos. Este trabajo es un resumen de información veterinaria y botánica útil sobre las principales plantas tóxicas de la flora mediterránea, indígena o naturalizada, centrado en la flora ibérica.

**PALABRAS CLAVE:** Plantas tóxicas. Rumiantes. Ovino. Caprino. Bovino.

### POISONOUS PLANTS IN RUMINANTS: CLINICAL APPROACH

**ABSTRACT:** Plant toxins can adversely affect animal health and also have a major economic impact on livestock farms. In plant poisoning, the clinical symptoms are often unspecific. Further, the lack of veterinary and botanical information adapted to each region and daily veterinary practice, make the establishment of cause-effect relationship between plant ingestion and animal disease difficult. Therefore, the effect of ingestion of toxic plants must be taken into account in the ruminant veterinary clinical practice the

effect of ingestion of toxic plants on the health of domestic ruminants. This work aims to be a summary of useful veterinary and botanical information on the main indigenous or naturalized toxic plants of the Mediterranean flora, mainly focusing on the Iberian flora.

**KEYWORDS:** Poisonous plants. Ruminants. Sheep. Goat. Cattle.

## 1 INTRODUCCIÓN

La toxicología vegetal es tan antigua como la humanidad. La naturaleza no entiende de premios ni de castigos, pero existen las consecuencias y el hombre aprendió pronto a diferenciar las plantas que se podían comer y las peligrosas.

Las plantas desarrollaron con éxito diversas estrategias físicas o químicas para disuadir o evitar ser comidas por los animales. La utilización de sustancias extraídas de las plantas sirvió para curar a las personas y animales, y también para la caza, de donde procede el término tóxico, del griego toxik (o)- τοξικόν (veneno para flechas). Hoy en día, su utilización es común no solo en la terapéutica alopática, sino también en la práctica veterinaria convencional (ej. atropina y digoxina). Cicerón, en su obra «Sobre la naturaleza de los dioses», cuenta algo que había llegado a sus oídos: «...las cabras salvajes de Creta, cuando son atravesadas por flechas envenenadas, buscan una hierba llamada dictamo y, una vez tomada ésta, las flechas -así lo dicen- se desprenden de sus cuerpos». Los animales también aprenden, posiblemente no tanto como nos cuenta Cicerón, y no consumen ciertas plantas, aunque estén en el pasto. Sin embargo, en ocasiones, el manejo del ganado o la escasez de alimento les conducen a probar e ingerir algunas de estas plantas catalogadas como venenosas. En consecuencia, la presencia en las plantas de determinados compuestos como alcaloides, glucósidos, oxalatos, entre otros grupos de moléculas químicas, les confiere propiedades farmacológicas y nocivas. Las propiedades farmacológicas de las plantas son aprovechadas para el tratamiento de las enfermedades en el hombre y en los animales, pero como apunta Paracelso: «Solo la dosis hace el veneno». Aforismo que encuentra su expresión máxima en la toxicidad vegetal. Las plantas con propiedades tóxicas son abundantes y crecen cerca de todos nosotros. Están en jardines o parques públicos (ej. *Taxus baccata*, *Cytisus scoparius* y *Nerium oleander*), o entre las plantas que crecen de forma natural en los campos, o entre las que son cultivadas por el hombre para la alimentación humana y animal. Muchas plantas poseen compuestos tóxicos inherentes a su naturaleza, pero en otras, estas sustancias nocivas se acumulan en función de la concurrencia de condiciones propicias.

Los estudios sobre el impacto económico real de la ingestión de plantas tóxicas en la producción animal son escasos. Las publicaciones disponibles refieren tasas de mortalidad próximas al 5%, en sistemas de explotación extensivos, y pérdidas

económicas en el sector cárnico superiores a las causadas por virus, bacterias y parásitos en su conjunto.

Los principales efectos de las plantas tóxicas en ruminantes se pueden concretar en los siguientes (Tabla 1):

TABLA 1. Principales efectos de las plantas tóxicas sobre la producción animal.

- Muerte de animales.
- Disminución de los índices reproductivos (abortos, infertilidad, malformaciones fetales, etc.).
- Bajadas de producción (disminución de la producción de carne, leche o lana).
- Inmunodepresión y aumento de la sensibilidad a otras enfermedades.
- Costes de reposición de los animales.
- Gastos para el control de plantas tóxicas.
- Reducción del valor del forraje/terreno y aumento de los costes con la alimentación.
- Gastos de diagnóstico y tratamiento.

La ingestión de plantas tóxicas puede ocurrir de forma accidental, cuando están mezcladas en el alimento, o como consecuencia de la ausencia de otra alternativa alimentaria. En las intoxicaciones agudas los síntomas de intoxicación surgen pocos minutos u horas después de su ingestión. Frecuentemente, los animales mueren incluso en el mismo lugar donde han pastado. Las intoxicaciones agudas son el resultado de la ingestión de plantas muy tóxicas (ej.: *Oenanthe crocata* y *Nerium oleander*) o del consumo de grandes cantidades de biomasa de plantas moderadamente tóxicas en un corto período de tiempo (ej.: *Sorghum bicolor*). Sin embargo, la mayor parte de las plantas consideradas tóxicas tienen que ser ingeridas durante largos periodos de tiempo para provocar la enfermedad (ej.: *Brassica* spp., *Allium cepa* y *Pteridium aquilinum*). La gravedad de los síntomas en las intoxicaciones crónicas es muy variable.

Cuando un ganadero nos requiere para analizar un caso clínico, visitamos la explotación, le escuchamos, exploramos a los animales enfermos y, si hay muertes, abrimos algunos cadáveres. En ocasiones, después de múltiples analíticas de laboratorio y un proceso razonado de eliminación de otras posibles enfermedades infecciosas, parasitarias, metabólicas..., llegamos a sospechar de una intoxicación vegetal. El problema es que muchas veces no es posible confirmar la presencia del tóxico o de alguno de sus metabolitos en el organismo animal porque hay pocos laboratorios de diagnóstico que busquen esas sustancias y, al final, nos tenemos que conformar con una sospecha fundada en nuestro buen hacer, encaminado a la búsqueda de evidencias.

Quizás también, nuestra formación en botánica o en toxicología vegetal, que está incluida en los planes de estudios de veterinaria, no es la más adecuada y sea cierta la cita del prólogo de los autores a la primera edición del libro “Plantas tóxicas do Brasil” que

señala “Lamentablemente, en nuestro país, ha prevalecido una idea equivocada, por lo que la asignatura (Toxicología) se ha considerado una atribución de sectores o disciplinas como Botánica, Química o Farmacología. Esta forma de enfocar la toxicología está muy lejos de valorar la necesidad de conocimientos sobre plantas tóxicas de interés ganadero. Los estudiantes de veterinaria reciben una orientación distorsionada de la toxicología y, a partir de ahí, afrontan el problema de forma incorrecta. Como resultado, contamos con profesionales no preparados para hacer el diagnóstico en esta área, con pérdidas considerables para los ganaderos. Por ello, creemos que, en las universidades, las clases relacionadas con el tema deben ser impartidas por patólogos. Esto no quiere decir, que no sea un campo de investigación y de trabajo en el que resulta necesaria la participación de todas las ciencias”.

TABLA 2. Factores que influyen en la toxicidad de las plantas.

FACTORES RELACIONADOS CON EL ANIMAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Especie animal.</b> El helecho águila (<i>Pteridium aquilinum</i>) provoca en monogástricos poliencefalomalacia, mientras que en los rumiantes origina la aparición de tumores vesicales. Incluso entre rumiantes existen variaciones, ej. <i>Senecio jacobaea</i> es más tóxico en bovinos que en pequeños rumiantes. Los caprinos son aparentemente resistentes a la intoxicación por taninos, al contrario de los ovinos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edad del animal.</b> La curiosidad y desconocimiento hace a los animales jóvenes más vulnerables a las plantas con acción irritante (ej. <i>Phytolacca americana</i>), así como a los animales más viejos, débiles y de baja jerarquía, que en caso de necesidad o competencia tienen que alimentarse de lo que dejan los dominantes, y en estos restos suele haber más plantas tóxicas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sexo.</b> Las plantas con acción estrogénica ejercen más efecto en hembras y en machos castrados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Pigmentación de la piel/pelo.</b> Los animales con la piel despigmentada son más sensibles a la fotosensibilización que se produce tras el consumo de algunas plantas (ej. <i>Hypericum perforatum</i>).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tolerancia.</b> Los rumiantes desarrollan tolerancia a la ingestión de pequeñas cantidades de oxalatos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ingestión de agua.</b> <i>Ortegia hispanica</i> está relacionada con intoxicaciones que se agravan con la ingestión del agua.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sed.</b> La sed puede interferir con el paladar de los animales, y llevarlos a ingerir plantas tóxicas por su frescura o contenido en agua.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Gestación.</b> Acción sobre la función uterina e interferencia con el normal desarrollo del feto provocando abortos y malformaciones fetales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Preferencias/dependencia.</b> Algunos animales desarrollan dependencia por el consumo de <i>Digitalis purpurea</i> después de intoxicaciones no mortales.</li> </ul>
FACTORES LIGADOS AL MANEJO DEL ANIMAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Carencia alimentaria/sequía.</b> La escasez de alimento, tantas veces ocasionada por sequías prolongadas, es la principal causa de intoxicación por plantas tóxicas. En ausencia de alternativas alimentarias los animales ingieren plantas que normalmente no seleccionarían para su alimentación.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cambio de pasto.</b> La introducción de los animales en nuevos ambientes les puede llevar al consumo de plantas a las que no están acostumbrados.</li> </ul>

## FACTORES LIGADOS AL MANEJO DEL ANIMAL

- **Operaciones agrícolas.** La aplicación de herbicidas (ej. 2,4 D) aumenta la concentración de nitratos en la biomasa vegetal y algunas plantas tóxicas se vuelven más apetecibles después de su aplicación. La movilización de la tierra y las inundaciones pueden exponer las raíces tuberosas de *Oenanthe crocata* haciéndolas asequibles a los animales. El acceso de los animales a ramas de *Nerium oleander* sucede a veces después de la poda, en la limpieza de jardines, habiendo sido descritas intoxicaciones en esas circunstancias. La fertilización nitrogenada promueve la acumulación de nitratos en los riegos y facilita la intoxicación por nitratos.
- **Sobrepastoreo/superpoblación.** El sobrepastoreo, o la cohabitación de muchos animales en pequeñas parcelas de terreno durante mucho tiempo, lleva a los animales a ingerir todo el alimento disponible, incluyendo plantas tóxicas.

Como se podrá constatar, la clasificación de una planta como tóxica no siempre es fácil. Existen factores ligados a la planta, al animal y al manejo de los animales o de los terrenos, que pueden condicionar la toxicidad de una planta y la ocurrencia o no de una intoxicación (Tabla 2). La toxicidad de la planta puede variar de año en año (ej. cistáceas) y de región en región, estando, en este caso, la toxicidad condicionada por factores relacionados con las condiciones atmosféricas, estación del año y naturaleza del suelo.

## 2 CONDICIONES CLÍNICAS ASOCIADAS

La experiencia nos dicta que la mejor forma de estructurar esta revisión es a partir de la clínica, de los aparatos o sistemas afectados. Así, hemos establecido solamente siete condiciones clínicas. Consideramos que son los problemas que nos cita el ganadero más frecuentemente cuando nos requiere.

### 2.1 MUERTE SÚBITA Y PLANTAS CARDIOTÓXICAS

El consumo de algunas plantas puede causar en los animales una muerte rápida. Entre ellas destacan las plantas cianogénicas y las cardiotoxinas. Las plantas cianogénicas (ej. *Sambucus nigra*; *Acacia dealbata*, (figura 1A)) contienen glucósidos precursores del ácido cianhídrico. La misma planta y la flora ruminal contienen  $\beta$ -glucosidasa, una enzima que transforma el glucósido, no tóxico, en cianhídrico (HCN). Este se absorbe con facilidad por vía digestiva y se liga a la hemoglobina, impidiendo la liberación de oxígeno y provocando hipoxia/anoxia en los tejidos. Como la detoxificación es lenta, si el consumo es suficiente, puede provocar la muerte de forma brusca. La planta cortada y seca pierde toxicidad.

Figura 1. (A) Mimosa (*Acacia dealbata*); (B) Dedalera (*Digitalis purpurea*); (C) Adelfa (*Nerium oleander*).



Las plantas cardiotoxicas (ej. *Taxus baccata*, *Digitalis purpurea* (figura 1B), *Nerium oleander*; (figura 1C)) contienen glucósidos que actúan sobre el corazón. Entre ellas encontramos algunas plantas cultivadas comúnmente con fines ornamentales y otras silvestres. Sus efectos y usos son conocidos desde hace mucho tiempo, pero no por ello son menos peligrosas. Los glucósidos cardíacos son extremadamente tóxicos, incluso a dosis mínimas, pues alteran la conductibilidad eléctrica del corazón, causando arritmias y la muerte de los animales. El consumo directo de la planta o indirecto, como contaminante de un heno, puede originar en el animal manifestaciones tóxicas cardíacas o extracardíacas, con aumento de la contractilidad cardíaca y, a dosis tóxicas, con inhibición de los sistemas enzimáticos responsables del intercambio iónico a nivel de membrana. Estos cambios conducen a una actividad cardíaca irregular, disminución del gasto cardíaco, arritmias con posible bloqueo aurículo-ventricular y muerte. También, pueden originar gastroenteritis hemorrágica, con diarrea, dolor abdominal, convulsiones y muerte súbita. El diagnóstico se basa en la sintomatología y en el historial de ingestión de la planta, así como en la comprobación de su presencia en el aparato digestivo durante la necropsia. Los glucósidos cardíacos se pueden detectar por cromatografía en sangre, orina y líquido ruminal.

## 2.2 NEUROTÓXICAS

La alta especialización anatómica y fisiológica del sistema nervioso, asociada con su limitada capacidad de reparación y el potencial riesgo para la vida en caso de lesión, lo hace muy susceptible a la acción de agentes nocivos, incluyendo las toxinas. Un grupo importante de compuestos químicos presentes en las plantas tiene una acción estimulante o depresora sobre el sistema nervioso. Los signos clínicos varían en función de la toxina presente y de la cantidad de planta ingerida, originando cuadros clínicos variados, pero que, normalmente tienen en común la presencia de debilidad, ataxia, temblores, parálisis, convulsiones, coma y muerte.

Figura 2. (A) Bledo (*Amaranthus blitoides*); (B) Altramuz amarillo (*Lupinus luteus*); (C) Garbanzo del diablo (*Erophaca baetica*); (D) Nabo del diablo (*Oenanthe crocata*).



Algunas plantas neurotóxicas poseen tiaminasas (ej. *Pteridium aquilinum*; *Amaranthus blitoides*) (figura 2), o enzimas con actividad similar, destruyendo la vitamina B1 y favoreciendo la presencia de necrosis de la corteza cerebral.

Otras ejercen efectos estimulantes o depresores del SNC, generando diferentes sintomatologías (ej. *Lupinus luteus* y *Erophaca baetica*) (figuras 2B y 2C), otras son antagonistas del neurotransmisor GABA (ej. *Oenanthe crocata*) (figura 2D). Teniendo en cuenta el elevado número de especies que se pueden incluir en estos grupos, así como la importante cantidad de casos de envenenamiento asociados a ellas, se puede concluir que éste es uno de los temas más relevantes de la toxicología vegetal.

### 2.3 PROCESOS HEMORRÁGICOS Y HEMOLÍTICOS

El envenenamiento por plantas que contienen anticoagulantes provoca afecciones hemorrágicas, normalmente fatales para los rumiantes. Estas plantas, generalmente, se consumen en tiempos de escasez de alimentos. Contienen una alta concentración de compuestos del grupo de las cumarinas, que compiten con la vitamina K, inhibiendo la coagulación sanguínea y ocasionando la aparición de **transtornos hemorrágicos** (*Ferula communis*, figura 3A). La ingestión de *Pteridium aquilinum* (figura 3B) también puede causar un síndrome hemorrágico en procesos de intoxicación aguda, pero con mayor frecuencia se asocia a casos de hematuria enzoótica bovina (HEB), resultado de la intoxicación crónica. En ovejas, el envenenamiento por esta planta aparece asociado a casos de “ceguera brillante” y a la aparición de tumores en varios órganos. Algunas plantas contienen compuestos capaces de alterar el metabolismo de los eritrocitos y dañar la integridad de su membrana celular, produciendo **hemólisis**.

Figura 3. **(A)** Cañaheja (*Ferula communis*); **(B)** Helecho águila (*Pteridium aquilinum*); **(C)** alimentación exclusiva con brasicáceas durante largos períodos puede generar problemas.



El exceso de hemoglobina libre en plasma se elimina a través de los riñones, que en gran cantidad provoca la aparición de hemoglobinuria, dando un color rojo oscuro característico a la orina. Los animales afectados, generalmente, también presentan anemia e ictericia. Las plantas ricas en compuestos hemolíticos de alto riesgo se cultivan principalmente para consumo humano o animal, como es el caso de las plantas de las familias *Alliaceae* (cebolla, ajo, ajo puerro y cebollino) y *Brassicaceae* (col, nabo, rapa, colza, etc.; figura 3C). Algunas brasicáceas salvajes también se incluyen en este grupo. Los síntomas solo aparecen en aquellos animales que se alimentan de forma casi exclusiva con una dieta constituida por estas plantas y durante un largo período de tiempo. La clínica, generalmente, desaparece cuando se elimina la fuente de intoxicación. En casos extremos, se produce la muerte del animal. La ingesta de *Brassicaceae* también se asocia con problemas nerviosos, reproductivos, respiratorios, digestivos, de fotosensibilización e hipotiroidismo (bocio).

## 2.4 PROBLEMAS CUTÁNEOS

La fotosensibilización es una reacción anormal de la piel a la luz solar debido a la presencia de un compuesto fotodinámico en la dermis. Para que se produzca este proceso es necesario que la sustancia fotosensibilizante llegue a la dermis, la luz solar, con su espectro ultravioleta, incida sobre el animal y que no existan factores que impidan la llegada de la luz hasta el compuesto (pigmentación oscura de la piel o pelo/lana abundante).

Cuando esto sucede, mediante una serie de reacciones complejas, se produce la formación de radicales libres que reaccionan con aminoácidos, ácidos nucleicos y la membrana lipídica de los endotelios capilares y tejidos adyacentes, causando destrucción celular. La reacción es siempre tóxica y limitada a áreas sin pelo, lana o pigmentaciones, que actúan como protectores frente a la radiación solar. Esta clara delimitación de las

lesiones resulta de gran ayuda para el diagnóstico. Los principales síntomas que presentan los animales, además de queratoconjuntivitis y fotofobia, son: prurito, edema subcutáneo, eritema y enrojecimiento de los puntos afectados, que progresan a la alopecia. También es posible observar exudación serosa, necrosis y gangrena cutánea. La gravedad de los síntomas depende de la cantidad de sustancias tóxicas ingeridas, la intensidad de la radiación UV y la duración de la exposición. Las reacciones de fotosensibilización también pueden ocurrir por contacto tóxico con plantas ricas en furanocumarinas.

Existen dos tipos de fotosensibilización en los rumiantes asociados con la ingestión de plantas, el primario (directo) cuando el compuesto fotodinámico está presente en la planta, y el secundario (indirecto o hepático), cuando el daño hepático o la colestasis, causados tras la ingestión de algunas plantas, impiden la eliminación biliar de sustancias fotosensibilizantes. La fotosensibilización no es un fenómeno causado exclusivamente al ingerir toxinas de origen vegetal, están descritos casos de origen genético (porfiria congénita), fúngico (*Pithomyces chartarum*) y químico (oxitetraciclinas).

#### 2.4.1 Fotosensibilización primaria

La fotosensibilización primaria está causada, principalmente, por plantas que tienen en su constitución pigmentos polifenólicos o furanocumarinas (ej. *Hypericum perforatum*) (figura 4A) que, después de ser ingeridos, son absorbidos en el tubo digestivo pasando a la circulación sanguínea y reaccionando con los rayos UV en la superficie de la piel. En este tipo de fotosensibilización, el sistema digestivo absorbe los compuestos fotodinámicos y llegan hasta la piel sin ningún efecto en el hígado del animal. El estudio de la bioquímica hepática no presenta alteraciones relacionadas con el proceso.

Figura 4. (A) Hierba de San Juan (*Hypericum perforatum*); (B) Viborera (*Echium vulgare*); (C) Hierba de Santiago (*Senecio jacobea*); (D); Abrojo (*Tribulus terrestris*).



#### 2.4.2 Fotosensibilización secundaria

La fotosensibilización secundaria se produce como consecuencia de una lesión hepática o colestasia provocadas, entre otras causas, por toxinas de plantas. Por lo tanto, también se conoce como fotosensibilización hepática.

El hígado puede verse afectado por sustancias tóxicas presentes en las plantas, principalmente de dos maneras: (1) por la acción directa de alcaloides de pirrolizidina sobre la funcionalidad y arquitectura hepática (ej. *Echium vulgare*; *Senecio jacobea*; figura 4B y 4C) y (2) por la activación de fenómenos de colestasia, sin acción directa sobre los hepatocitos (ej. *Tribulus terrestris*; figura 4D). Los alcaloides, una vez ingeridos por los rumiantes, se bioactivan en el hígado a pirrol, un compuesto muy tóxico para los hepatocitos que causa un daño hepático progresivo (cirrosis). En caso de insuficiencia hepática, el hígado no puede eliminar y excretar la filioeritrina que resulta de la degradación bacteriana de la clorofila en el rumen. La filioeritrina es un compuesto fotosensibilizante que normalmente no causa problemas y se elimina vía biliar. En ausencia de su eliminación, debido al daño hepático o colestasis, su concentración aumentará en la sangre periférica y si un área sin pelo, lana o pigmentación se expone a los rayos del sol, desencadena un fenómeno de fotosensibilización. El cuadro se acompaña de otros síntomas resultantes de la causa principal de daño hepático. La fotosensibilización secundaria siempre tiene peor pronóstico que la primaria y es más grave en caso de enfermedad hepática que en caso de oclusión biliar. Normalmente, en la intoxicación por derivados pirrolicídnicos, los síntomas de fotosensibilización solo aparecen cuando el 80% del hígado está afectado.

Estos alcaloides dan un sabor desagradable a las plantas verdes, por lo que normalmente no son consumidos por los rumiantes. La gravedad de la intoxicación varía con la cantidad de alcaloides que contenga la planta, la cantidad consumida por el animal y la susceptibilidad individual de cada especie. La probabilidad de comer estas plantas aumenta en ausencia de alternativas alimenticias o por contaminación del forraje seco. El cuadro clínico incluye pérdida progresiva de la condición corporal, emaciación, fotosensibilización, síntomas nerviosos y muerte. Los primeros síntomas de intoxicación ocurren después de ingerir cantidades anormalmente grandes de plantas (raro) o después de semanas o meses de ingestión, lo que hace que estos casos sean más difíciles de diagnosticar y hace imposible la identificación de la planta involucrada.

## 2.5 PROCESOS DIGESTIVOS

Prácticamente, todas las plantas, cuando se consumen en mayor o menor grado, pueden conducir a la aparición de síntomas relacionados con el aparato digestivo. Este es el caso de las plantas discutidas anteriormente en los problemas de fotosensibilización secundaria asociados a plantas que causan hepatotoxicidad o colestasis.

En primer lugar, podemos agrupar las plantas que causan irritación química de las mucosas del tracto digestivo como la hierba carmín o el torvisco (figuras 5A y 5B). Las consecuencias dependerán de la toxicidad de la planta, de la cantidad ingerida por el animal y de las complicaciones secundarias asociadas. Muchos de los signos clínicos que acompañan a la intoxicación son más graves en las plantas que contienen menos concentración de toxinas. Esto se debe al hecho de que los tóxicos más potentes causan una acción irritante inmediata en la mucosa oral que impide que el animal continúe comiendo alimentos potencialmente tóxicos. Las intoxicaciones generalmente ocurren en momentos de necesidad o accidentalmente, por contaminación de los alimentos suministrados a los animales y también por la curiosidad de los animales más jóvenes que ingieren bayas tóxicas.

Además, también podemos incluir algunas plantas cultivadas como alimento para el ganado, pero peligrosas por favorecer el timpanismo (*Medicago* y *Trifolium*). Aquí también es importante señalar las plantas silvestres y cultivadas que acumulan nitratos, generando alcalosis e intoxicación por los mismos. Los nitratos en el rumen se transforman en nitritos y si se absorben en cantidades que superan la capacidad de detoxificación, se unen a la hemoglobina dando metahemoglobina, desarrollando una sintomatología respiratoria, asociada a la falta de disponibilidad de oxígeno. Generalmente estas plantas no son mortales y los animales se recuperan cuando la planta es retirada de su dieta. Entre los síntomas principales destacan: estomatitis, diarrea y dolor abdominal.

Figura 5. (A) Hierba carmín (*Phytolacca americana*); (B) Torvisco (*Daphne gnidium*); (C) Avena dorada (*Trisetum flavescens*).



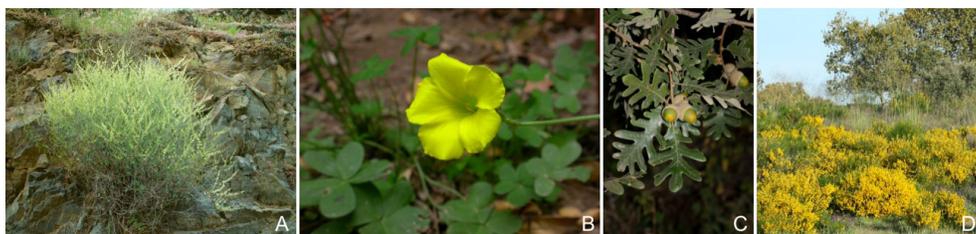
Por fin, pueden ocurrir problemas como la calcinosis enzootica, asociada al consumo de plantas ricas en glucósidos del metabolito activo de la vitamina D, asociada al consumo de plantas como *Trisetum flavescens* (figura 5C).

## 2.6 PROCESOS RENALES: OXALATOS Y TANINOS

Las plantas que contienen sustancias tóxicas que afectan de forma especial al riñón se dividen en dos grandes grupos, según las sustancias que presenten: oxalatos o taninos. Las plantas que acumulan oxalatos en cantidades potencialmente tóxicas pertenecen principalmente a los géneros *Rumex* y *Oxalis* (figuras 6A y 6B), y acumulan el compuesto en su forma más tóxica, oxalato potásico. En general, los ruminantes toleran la presencia de oxalatos en su dieta más que otras especies, ya que el consumo moderado de estas plantas permite la adaptación y su biotransformación por la flora ruminal. Sin embargo, la ingestión de plantas que contienen oxalatos por animales no adaptados, o en cantidades muy elevadas, puede conducir a una intoxicación aguda, con muerte por hipocalcemia/hipomagnesemia durante las 12 horas posteriores a la ingestión. Esto se debe a que los oxalatos se combinan con calcio y magnesio en la sangre y causan una disminución rápida de los niveles séricos. Los animales que sobreviven a esta fase o que están sujetos a la ingestión continua de estas plantas pueden sufrir un síndrome urémico fatal debido a la formación de cálculos de oxalato de calcio en los túbulos renales.

Los taninos se encuentran, principalmente, en las plantas del género *Quercus* (figura 6C), siendo especialmente tóxicos los rebrotes, hojas tiernas y bellotas verdes. Su consumo en grandes cantidades afecta a los aparatos urinario y digestivo, siendo característica la necrosis por coagulación que se establece en áreas de los túbulos contorneados proximales del riñón.

Figura 6. (A) Acedera (*Rumex induratus*); (B) Aleluya (*Oxalis pes-caprae*) (C) Melojo (*Quercus pyrenaica*); (D) Retama negra (*Cytisus scoparius*).



Otras plantas, como *Cytisus scoparius* (figura 6D) o las del género *Cistus* (también incluido en 2.2), pueden provocar disuria. Sus principios nefrotóxicos no son bien conocidos.

## 2.7 PROCESOS REPRODUCTIVOS

Las plantas incluidas en este grupo pueden provocar cambios fisiológicos muy variados y tienen efectos negativos en los procesos reproductivos, incluida la

gametogénesis, fertilización y gestación. Se pueden dividir en dos grupos principales: (1) plantas con toxinas teratogénicas, que actúan sobre la función uterina e interfieren con el desarrollo normal del feto y (2) plantas estrogénicas, que contienen fitoestrógenos que afectan a la capacidad reproductora de animales jóvenes y adultos. El grupo de plantas estrogénicas incluye diferentes leguminosas, pero son las pertenecientes al género *Trifolium* (tréboles) y *Medicago* (alfalfas), generalmente presentes en pastos y alimentos de rumiantes, las que con más frecuencia van a dar problemas en el ganado (ver 2.5). Las plantas teratogénicas pueden afectar a diferentes órganos y funciones. Sus síntomas pueden pasar desapercibidos hasta el parto, con el nacimiento de fetos con múltiples malformaciones, o producir abortos. La cicuta (*Conium maculatum*) es una de las plantas características pertenecientes a este grupo. En caso de intoxicación aguda, estas plantas también pueden dar lugar a síntomas nerviosos.

Figura 7. (A) Veratro (*Veratrum album*); (B) Cicuta mayor (*Conium maculatum*); (C) Hierbas locas (*Astragalus incanus*).



Estas plantas pertenecen a diferentes grupos: veratros (*Veratrum spp.*) (figura 7A), que inducen malformaciones craneofaciales principalmente, *Conium maculatum* y *Nicotiana spp.* (figura 7B), que inducen artrogriposis, y las denominadas hierbas locas, *Astragalus spp.* y *Oxytropis spp.* (figura 7C), que inducen múltiples malformaciones y contracturas fetales. En el vacuno, deberíamos añadir *Lupinus spp.* que causa la enfermedad del ternero encorvado. Existen otras plantas, que afectan a diferentes funciones u órganos y secundariamente pueden provocar alteración del feto o de la madre y generar abortos, tal es el caso de las plantas bociógenas o las que alteran la absorción de minerales.

### 3 DIAGNÓSTICO, CONTROL Y PREVENCIÓN

La toxicología vegetal es compleja, muy interesante y muy desagradecida, porque sospechamos y sabemos algo, pero desconocemos mucho. Sócrates, que fue invitado

al suicidio, al llegar el carcelero con la copa de cicuta, le preguntó: «Amigo, tú que tienes experiencia de estas cosas, me dirás lo que debo hacer». A lo que el hombre contestó: «No tienes que hacer más que pasearte, mover las piernas; entonces te tiendes en la cama y el veneno producirá su efecto». Es difícil adquirir experiencia en este campo. En muchas ocasiones, como ya hemos indicado, la actividad clínica nos lleva a sospechar de un tóxico y, si nos resulta difícil encontrar un diagnóstico, más difícil nos resulta realizar un tratamiento adecuado. Es entonces cuando tendremos que recurrir al estudio y a la consulta bibliográfica. El diagnóstico de las intoxicaciones por plantas está basado esencialmente en el cuadro clínico-patológico y en la constatación de que el animal ingirió la planta tóxica en cantidad suficiente para causar esos síntomas y lesiones. Por eso, el conocimiento de plantas tóxicas es esencial. La presencia y el reconocimiento de plantas tóxicas en el lugar, sus efectos, la fase de crecimiento, la estación del año y las condiciones en que se dio la ingestión son tan importantes para el diagnóstico como los signos clínicos que presentan los animales y su evolución.

Los análisis de sangre para el estudio bioquímico pueden ser útiles para el diagnóstico diferencial siempre que la intoxicación se refleje en la hematología o en la serología. Sin embargo, el diagnóstico no siempre es fácil, dado que la mayor parte de las veces la sintomatología no es exclusiva de una intoxicación por una planta en particular y el tiempo que media entre la ingesta de la planta y la aparición de los primeros síntomas es muy variable. El estudio toxicológico también es difícil de realizar por rutina, a excepción de la sospecha de intoxicación por nitritos o por plantas cianogénicas. Si una intoxicación provoca la muerte del animal, es fundamental realizar la necropsia. La observación de porciones de plantas sospechosas en el aparato digestivo es muy útil para el diagnóstico. En casos de muerte súbita puede ser incluso el principal hallazgo de la necropsia, ya que normalmente no se encuentran otras lesiones. En la mayor parte de las intoxicaciones no se encuentran lesiones características de intoxicación por plantas. Muchas veces, solamente el examen histopatológico consigue determinar las lesiones provocadas y confirmar la sospecha de intoxicación.

El tratamiento no es sencillo. La terapia de soporte y mantenimiento de las funciones vitales es, muchas veces, la única opción. Tan apenas hay antidotos para las sustancias tóxicas presentes en las plantas, excepto en casos de intoxicación por nitratos y por ácido cianhídrico. En cualquier caso, los animales deben de ser inmediatamente apartados del pasto o alimento sospechoso. Desgraciadamente, cuando el número de animales afectados es muy grande, el tratamiento es caro e inviable, por lo que es fundamental apostar en la prevención (Tabla 3).

TABLA 3. Medidas preventivas para la intoxicación por plantas.

<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Manejo de pastos.</b> Utilizar diferentes especies de animales teniendo en consideración el grado de ingestión y/o diferencia de susceptibilidad. Por ejemplo, pastoreo con ovinos para evitar la proliferación de <i>Senecio jacobaea</i> en pastos de bovinos.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Disponer de correctores minerales.</b> Las carencias minerales pueden aumentar la apetencia por las plantas tóxicas.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Apartar a los animales del pasto/alimento sospechoso.</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Aplicación de técnicas agronómicas adecuadas.</b> Las especies sembradas, el manejo de los terrenos, la fertilización y la rotación de cultivos deben ser aplicados para evitar que especies tóxicas se vuelvan dominantes.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Conocimiento.</b> Agrónomos, veterinarios y productores deben conocer las plantas tóxicas y sus efectos para poder actuar mejor y así poder reducir el impacto económico y los efectos sobre la salud animal de las intoxicaciones.</li></ul>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Quintas H., Aguiar, C., Ramos, J.J., Lacasta D., Ferrer, L.M. (2021). "Plantas tóxicas para rumiantes". Publicações Ciência e Vida. ISBN: 978-972-590-103-8. 216 pp.

# CAPÍTULO 27

## MARCADORES METABÓLICOS NO PRÉ-PARTO DE OVELHAS DA RAÇA LACAUNE QUE PODEM INFLUENCIAR NA TRANSFERÊNCIA DE IMUNIDADE PASSIVA DE CORDEIROS

Data de submissão: 15/10/2021

Data de aceite: 26/10/2021

**Ivan Bianchi**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari – SC

<http://lattes.cnpq.br/0834047314981471>

**Domênico Weber Chagas**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Bento Gonçalves – RS

<http://lattes.cnpq.br/6925421419117400>

**Greyce Kelly Schmitt Reitz**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari – SC

<http://lattes.cnpq.br/5160119120560571>

**Manoela Furtado**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari – SC

<http://lattes.cnpq.br/6402153004504886>

**Juahil Martins de Oliveira Júnior**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari – SC

<http://lattes.cnpq.br/6360826499042991>

**Juliano Santos Guerez**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari – SC

<http://lattes.cnpq.br/0226756068414551>

**Elizabeth Schwegler**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari – SC

<http://lattes.cnpq.br/8951946913416730>

**Fabiana Moreira**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari – SC

<http://lattes.cnpq.br/0851313213905403>

**Vanessa Peripolli**

Instituto Federal Catarinense  
Campus Araquari  
Araquari – SC

<http://lattes.cnpq.br/5838692965770724>

**RESUMO:** O parto em ovelhas é uma fase crítica da produção, que exige cuidado. No terço final da gestação ocorre uma demanda energética acima do normal para o animal, já que é neste momento que acontece boa parte do crescimento fetal, além da formação do tecido mamário e início da produção leiteira. Ainda, alguns animais podem não ter um consumo suficiente para atender as exigências energéticas do período, resultando

em diminuição de apetite, queda no peso e balanço energético negativo (BEN), pois o gasto energético será maior. Isso promove a mobilização de ácidos graxos não esterificados (AGNEs) e glicerol para auxiliar na síntese de corpos cetônicos. Porém, essa compensação pode sobrecarregar o fígado e desencadear uma produção em excesso de corpos cetônicos, resultando em problemas metabólicos, como a toxemia da gestação. Se não prevenida e/ou tratada, essa doença pode trazer sérios prejuízos para o produtor, o que justifica a importância do monitoramento do perfil metabólico de animais de produção. Alguns indicadores que podem ser usados para monitorar esse período são os metabólicos (como o AGNE sérico e o beta hidroxibutirato - BHBA), minerais (cálcio e magnésio), algumas proteínas de fase aguda (albumina e paraoxonase 1 - PON-1) e enzimas hepáticas (gama-glutamyltransferase - GGT e aspartato aminotransferase - AST). Além desses cuidados, é de suma importância garantir que haja transferência de imunidade passiva para o neonato, respeitando o tempo limite de fornecimento do colostro e ofertando-o ao menos com o valor mínimo sugerido de imunoglobulinas totais (Ig). Para avaliar esses fatores, é possível realizar a análise do colostro e do soro sanguíneo, utilizando um refratômetro de Brix e, de forma indireta, pela análise dos valores séricos da enzima GGT. Realizar esses acompanhamentos no período de transição podem evitar distúrbios metabólicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Colostro. Neonato. Ovinos. Periparto.

## METABOLIC MARKERS IN EWE PREPARTUM OF THE LACAUNE BREED THAT MAY INFLUENCE THE PASSIVE IMMUNITY TRANSFER OF LAMBS

**ABSTRACT:** The peripartum of sheep is a critical phase of production, which requires double care. In the final third of gestation there is a very high energy demand for the animal, since it is at this time that most of the fetal growth takes place, in addition to the formation of breast tissue and the beginning of milk production. Allied to this, some animals may not have enough consumption to meet the energy requirements of the period, resulting in decreased appetite, decreased weight and negative energy balance (NEB), as energy expenditure will be higher. This promotes the mobilization of non-esterified fatty acids (NEFA) and glycerol to aid in the synthesis of ketone bodies. However, this compensation can overload the liver and trigger an excess production of ketone bodies, resulting in metabolic problems such as pregnancy toxemia. If not prevented and/or treated, this disease can cause serious damage to the producer, which justifies the great importance of monitoring the metabolic profile of farm animals. Some indicators that can be used to monitor this period are metabolic [such as serum NEFA and beta hydroxybutyrate (BHBA)], minerals (calcium and magnesium), some acute phase proteins [albumin and paraoxonase 1 (PON-1)] and liver enzymes [gamma-glutamyltransferase (GGT) and aspartate aminotransferase (AST)]. In addition to these precautions, it is extremely important to ensure that passive immunity is transferred to the neonate, respecting the colostrum supply time limit and offering it with at least the suggested minimum value of total immunoglobulins (Ig). To assess these factors, it is possible to perform the analysis of colostrum and blood serum using a Brix refractometer and, indirectly, through the analysis of serum values of the GGT enzyme. Carrying out these follow-ups during the transition period can avoid metabolic disturbances.

**KEYWORDS:** Colostrum. Newborn. Peripartum. Sheep.

## 1 MERCADO E CONSUMO

Entre o triênio 2016-2018 o Brasil contou com um rebanho de cerca de 19 milhões de cabeças de ovinos. Neste mesmo período, o Rio Grande do Sul obteve em média 3.373.694 cabeças/ano, ocupando a segunda colocação de maior rebanho brasileiro, sendo a atividade mais tradicional do Estado (IBGE, 2016, 2017, 2018). Além disso, o estado possui 47,1 mil estabelecimentos agropecuários com criação ovina, gerando uma receita bruta anual, deste segmento, de 80,6 milhões de reais (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2019).

As ovelhas da raça Lacaune são consideradas como de dupla aptidão, pois podem ser exploradas tanto para produção de leite como para a terminação de cordeiros, sendo esta última uma parte importante da receita dos criadores (BARILLET et al., 2001). O consumo de leite e derivados de pequenos ruminantes (ovinos e caprinos) é crescente (LÉRIAS et al., 2014). Devido a esse aumento na demanda, não só de leite, mas também de carne e demais subprodutos, esses animais começaram a ser selecionados geneticamente visando o aumento da produção, o que refletiu em aumento da carga metabólica, principalmente durante o periparto (HERNÁNDEZ-CASTELLANO et al., 2019).

## 2 PERIPARTO

Os manejos necessários no sistema de produção durante o periparto são relacionados a saúde, produção e rentabilidade das ovelhas (RAOOFI et al., 2013). O monitoramento do perfil metabólico em animais de produção é uma importante ferramenta para determinar a condição nutricional e clínica, além de auxiliar no diagnóstico clínico de doenças metabólicas como a toxemia da gestação. Esta, tem sido observada numa maior ocorrência, podendo ter relação com a produção de ovinos de alto valor genético e a intensificação nos sistemas de produção destes animais, que geraram mudanças no manejo alimentar (OLIVEIRA et al., 2014). Alterações no perfil proteico, mineral e energético em ovelhas gestantes podem gerar transtornos no organismo, ocasionando perdas produtivas como queda da produção leiteira e influenciando no desenvolvimento dos cordeiros, afetando o ganho de peso e podendo levar a morte (CARDOSO et al., 2011; BRONDANI et al., 2016).

## 3 BALANÇO ENERGÉTICO NEGATIVO

No mês final da gestação das ovelhas se verifica uma mudança no perfil proteico, com menores níveis de proteínas totais, albumina e globulina, mostrando intensificação da demanda metabólica nesta fase final de formação do feto (SANTAROSA, 2018). Cerca

de 70% do crescimento fetal ocorre nas últimas seis semanas de gestação, sendo que alguns animais podem não ser capazes de consumir alimentos suficientes para atender as exigências da gestação. Esse fato aliado ao requerimento energético para formação do tecido mamário e início da produção leiteira faz com que a demanda de nutrientes nessa fase aumente de forma drástica (RUSSEL, 1991). Esses acontecimentos resultam em apetite deprimido, perda de peso e um balanço energético negativo (BEN), já que haverá maior gasto energético e sobrecarga hepática (ALBA et al., 2020). Ocorre então um aumento dos ácidos graxos não esterificados (AGNE) e glicerol, que são mobilizados a partir da gordura corporal para utilização na produção de energia, sendo extraídos pelo fígado e usados na síntese de corpos cetônicos. Se o fornecimento de energia não acompanhar a demanda, o fígado pode ficar sobrecarregado com AGNE, levando à liberação excessiva de corpos cetônicos (EDMONDSON; PUGH, 2009; XUE et al., 2019).

#### 4 TOXEMIA DA GESTAÇÃO

A consequência deste quadro é a predisposição a ocorrência de problemas metabólicos, como por exemplo a toxemia da gestação, doença metabólica mais comum em ovelhas, que quando não tratada, pode atingir mortalidade de 80% (ROOK & HERDT, 2000). Essa doença é caracterizada por aumento nos níveis de beta hidroxibutirato (BHBA) no sangue e AGNEs (CALPEREYRA et al., 2015), além de ocorrer acúmulo de triglicerídeos hepáticos (WANG et al., 2014). Então, o AGNE sérico e o BHBA são os indicadores sensíveis do BEN durante o pré-parto em ovelhas (RAOOFI et al., 2013). Além desses, também podem ser aferidos marcadores minerais, como cálcio e magnésio, algumas proteínas de fase aguda como a albumina e ureia, além de enzimas hepáticas como gama-glutamiltransferase (GGT) e aspartato aminotransferase (AST), que atuam como indicadoras da função hepática.

#### 5 MARCADORES ENERGÉTICOS

A concentração de corpos cetônicos através da análise de BHBA no sangue é um dos mais importantes parâmetros indicadores de condição energética do organismo durante o período (SADJADIAN et al., 2013). De acordo com Contreras & Wittwer (2000), valores de BHBA e AGNE acima de 0,6 e 0,8 mg/dL, respectivamente, indicam mobilização lipídica em ovinos. Ovelhas com mais de um feto são geralmente mais suscetíveis à toxemia da gestação. Cordeiros de parto simples nascem mais pesados do que de parto de múltiplos (MOALLEM et al., 2015). Ovelhas com toxemia da gestação induzida antes do parto apresentaram níveis sanguíneos de BHBA e AGNE significativamente maiores e

menores concentrações de cálcio, apontando estes parâmetros como bons indicadores de desequilíbrio energético antes do parto (SAKHA, 2016).

## 6 MARCADORES MINERAIS

Além dos marcadores energéticos, os minerais também podem ser mensurados como forma de auxílio ao controle de enfermidades. O cálcio é um mineral que possui autocontrole endócrino, refletindo em sua pequena variação sanguínea. A alta demanda metabólica no periparto, tendo em vista a grande necessidade do mineral para composição do esqueleto fetal ao final da gestação, além da necessidade contrátil uterina no parto e produção de leite no pós-parto, refletem valores abaixo do ideal para a fase (MOREIRA et al., 2019). Os níveis de cálcio sérico na última semana de gestação possuem influência positiva sobre o metabolismo energético. Ovelhas com redução da calcemia no pré-parto apresentam elevação das cetonas séricas (FICAGNA et al., 2015). Sakha (2016) induziu toxemia da gestação em ovelhas no pré-parto, e estas apresentaram níveis sanguíneos significativamente maiores de BHBA e AGNE, e menores concentrações de cálcio, confirmando que estes são bons parâmetros para identificar desequilíbrio energético no pré-parto.

Outro marcador mineral é o magnésio, o qual possui níveis séricos diretamente relacionados à ingestão na dieta. Sendo assim, baixos valores deste mineral podem ser consequência de uma excessiva lipólise em decorrência de deficiência energética (GONZALES, 2000). Uma condição que também pode afetar esse período é o tipo de gestação: gemelar ou de feto único. Em um estudo feito por Raofi et al. (2013), ovelhas gestantes de gêmeos tiveram valores mais altos de BHBA e AGNE e valores menores de cálcio em comparação com as gestantes de apenas um feto.

## 7 MARCADORES PROTEICOS

Em relação ao metabolismo proteico, níveis séricos de albumina e ureia são ótimos indicadores nutricionais. Para o estado de nutrição proteica a longo prazo, a albumina, sintetizada no fígado, é a proteína de fase aguda de eleição, e a curto prazo é a ureia (PAYNE & PAYNE, 1987). Segundo Oliveira et al. (2014), para determinação do estado nutricional proteico do animal, a albumina é o indicador mais sensível. Santarosa et al. (2019) observaram o perfil bioquímico de ovelhas na gestação e no periparto, comparando gestantes gemelares e de feto único, e encontraram níveis de albumina condizentes com o adequado consumo de proteína. Valores baixos, de forma consistente, indicam consumo insuficiente de proteína. Porém, valores de proteínas totais abaixo do normal, devem estar relacionados à dieta deficiente, diminuindo os níveis de albumina (BRITO et al., 2006).

A ureia, também sintetizada pelo fígado, possui relação direta com os níveis proteicos da dieta, motivo pelo qual também pode ser usada como marcador (BRONDANI et al., 2016). Os níveis de ureia plasmática geralmente aumentam a partir da décima semana de gestação, atingindo seu pico no parto (ALI, 2015).

Outra proteína de fase aguda que pode ser utilizada como marcador é a paraoxonase 1 (PON-1), pois é uma enzima dependente de cálcio sintetizada pelo fígado, e está associada às lipoproteínas de alta densidade (HDL) (CAO et al., 2017). Farid et al., (2013) demonstraram que a atividade da PON-1 pode ser utilizada como indicador para o diagnóstico de fígado gorduroso em vacas leiteiras, outra doença metabólica e nutricional que pode acometer as ovelhas nesta fase.

## 8 ENZIMAS HEPÁTICAS

As enzimas hepáticas gama-glutamil transferase (GGT) e aspartato-amino transferase (AST) podem ser utilizadas como marcadores de função hepática. A enzima aspartato aminotransferase (AST), que fica localizada no citoplasma ou na mitocôndria dos hepatócitos e/ou das fibras musculares esqueléticas e cardíacas (RUSSELL & ROUSSEL, 2007) pode ter sua concentração sérica determinada como forma de avaliação da função hepática, onde níveis acima do normal geralmente indicam lesão hepática aguda. Já a enzima GGT, quando apresenta níveis elevados, indica uma alteração crônica (GONZÁLEZ & SILVA, 2003).

## 9 OUTROS INDICADORES

O escore de condição corporal (ECC) também é um parâmetro analisado e geralmente utilizado na rotina, sendo que em ovelhas um mês antes do parto deve variar entre 2,5 e 3,5 (escala de 1 a 5). A administração de baixos níveis de energia durante o final da gestação, bem como a perda excessiva de peso corporal no periparto, levam a matriz ovina a um baixo ECC, sendo classificada como magra, e podem colocar ovelhas em risco de desenvolver toxemia na gestação (FTHENAKIS et al., 2012). Em estudo feito por Karagiannis et al. (2014), ovelhas categorizadas como magras tiveram maior ocorrência de ao menos um distúrbio metabólico no período, quando comparadas a matrizes com ECC dentro da normalidade.

Além dos indicadores já citados, a mensuração de proteínas plasmáticas totais (PPT) no periparto também pode ser realizada. Vários fatores influenciam os níveis de PPT, como demandas metabólicas, estado nutricional, equilíbrio hormonal e o equilíbrio ácido básico plasmático. Em um estudo feito por Bezerra et al. (2017), foi constatado

que durante a gestação e o puerpério de ovelhas há aumento das PPTs para compensar as elevadas demandas nutricionais do feto, permanecendo elevados até o período pós-parto, próximo ao desmame dos cordeiros.

## 10 NEONATOS

A mortalidade no período neonatal é um dos principais fatores associados a perdas na ovinocultura. É o momento de maior vulnerabilidade, onde o cordeiro encontra vários desafios como o de adaptação ao ambiente, doenças infecciosas e estresse devido à separação materna. Além de depender do colostro materno para garantir proteção imunológica (KOROUSE et al., 2012).

Para os neonatos, uma transferência de imunidade passiva adequada através da ingestão do colostro (COSTA et al., 2013) é fundamental para prevenir infecções neonatais (PIRES JÚNIOR et al., 2013). Isso porque ovelhas possuem placentas do tipo sindesmocorial (LEISER & KAUFMANN, 1994), que impossibilita a passagem de imunoglobulinas (Ig) da mãe para o feto durante a gestação (VEJLSTED, 2010). Por esse motivo a ingestão de um colostro de qualidade pelo cordeiro o mais rápido possível após o nascimento é indispensável (ALVES et al., 2015), já que possui em sua composição, dentre outras substâncias bioativas, proteínas antimicrobianas como Imunoglobulinas G (IgG).

O peso ao nascer também tem efeito na transferência da imunidade, pois cordeiros nascidos com menor peso vivo podem apresentar menores valores de IgG no sangue após 24 horas de vida (GOKÇE et al., 2013).

## 11 COLOSTRO E TRANSFERÊNCIA DE IMUNIDADE PASSIVA

O volume de colostro produzido por ovelhas pode ser suficiente para garantir boa transferência de imunidade passiva para um único cordeiro, porém, em casos de gêmeos aumenta-se o risco de falhas deste processo (TURQUINO et al., 2011). Atualmente há alguns métodos disponíveis para conferir se houve transferência de imunidade passiva para o neonato. Um deles é a determinação do teor de imunoglobulinas no colostro e no soro sanguíneo dos cordeiros, que pode ser avaliado através do refratômetro de Brix. Esta é uma ferramenta adequada para usar na propriedade, já que é de fácil manuseio e funciona independentemente da temperatura do colostro (BARTIER et al., 2015; SANTIAGO et al., 2020). Após a ingestão do colostro, o aumento considerável de proteína total circulante demonstra que o recém-nascido foi capaz de absorver as imunoglobulinas (Ig) e repassá-las para a corrente sanguínea em grandes quantidades, em um curto período de tempo (ULIAN et al., 2014).

O refratômetro utilizando a escala Brix é viável para estimar a concentração de IgG do colostro de ovelhas, podendo analisar a qualidade do colostro ofertado aos cordeiros com segurança (NUNES, 2016). Para avaliação dessa qualidade, pode ser usado um ponto de corte de 26,5% (KESSLER et al., 2021), sendo que valores iguais ou superiores demonstram um colostro com altos níveis de Igs, que provavelmente induzirão uma transferência de imunidade passiva adequada.

A estimativa da proteína total por refratometria pode ser usada para identificar animais com falha de transferência de imunidade passiva, avaliando na propriedade o soro sanguíneo do neonato com rápidos resultados (FLOREN, 2016). A garantia de transferência de imunidade passiva adequada acontecerá quando forem encontrados valores com percentual Brix acima de 9,2 (SANTIAGO, 2017).

Outro método de análise do consumo e absorção de IgG pelo cordeiro, de forma indireta, é a análise dos valores séricos da enzima gama-glutamil transferase (GGT), que serve como marcador de transferência de imunidade passiva (FÉRES et al., 2010; PIRES JÚNIOR et al., 2013), pois o colostro possui alta concentração de GGT (KOWALSKI et al., 2013). Além disso, as proteínas de fase aguda PON-1 e albumina também podem ser usadas como indicadores de transferência de imunidade passiva, já que a concentração de proteínas totais reflete a quantidade de globulinas e albumina (FLAIBAN, 2009). A PON-1 também pode ser utilizada como uma ferramenta de diagnóstico de inflamação nos neonatos (GIORDANO et al., 2013).

## 12 CONCLUSÃO

Com a crescente intensificação da ovinocultura é cada vez mais importante desenvolver estratégias preventivas, principalmente durante o pré-parto. Nessa fase, compreender o metabolismo fisiológico do animal pode auxiliar na diminuição das enfermidades metabólicas, consequentemente diminuindo a mortalidade dos cordeiros.

## REFERÊNCIAS

ALBA, D.F.; FAVARETTO, J.A.; MARCON, H.; SALDANHA, T.F.; LEAL, K.W.; CAMPIGOTO, G.; SOUZA, C.F.; BALDISSERA, M.D.; BIANCHI, A.E.; VEDOVATTO, M.; SILVA, A.S. **Vegetable biocholine supplementation in pre and postpartum Lacaune sheep: Effects on animal health, milk production and quality.** Small Ruminant Research, v. 190. 2020.

ALI, B.H.A. **The effect of pregnancy and lactation on blood biochemical and immunological values in ewes after enterotoxaemia vaccination.** *AL-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences*, v. 14, n. 1, p. 65-68. 2015.

ALVES, A.C.; ALVES, N.G.; ASCARI, I.J.; JUNQUEIRA, F.B.; COUTINHO, A.S.; LIMA, R.R.; PÉREZ, J.R.O.; DE PAULA, S.O.; FURUSHO-GARCIA, I.F.; ABREU, L.R. **Colostrum composition of Santa Inês sheep and passive transfer of immunity to lambs.** *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 6, p. 3706-3716. 2015.

- BARILLET, F.; MARIE, C.; JACQUIN, M. **The French Lacaune dairy sheep breed: use in France and abroad in the last 40 years.** *Livestock Production Science*, v. 71, p.17-29, 2001.
- BARTIER, A.L.; WINDEYER, M.C.; DOEPEL, L. **Evaluation of on-farm tools for colostrum quality measurement.** *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 3, p. 1878-1884. 2015.
- BEZERRA, L.R.; OLIVEIRA, W.D.C.; SILVA, T.P.D.; TORREÃO, J.N.C.; MARQUES, C.A.T.; ARAÚJO, M.J.; OLIVEIRA, R.L. **Comparative hematological analysis of Morada Nova and Santa Inês ewes in all reproductive stages.** *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 37, n. 4, p. 408-414. 2017.
- BRITO, M.A.; GONZÁLEZ, F.H.D.; RIBEIRO, L.A.O.; CAMPOS, R.; LACERDA, L.; BARBOSA, P.R. e BERGMANN, G. **Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros no sul do Brasil: variações na gestação e lactação.** *Ciência Rural*, v. 36, n. 3, p. 942-948. 2006.
- BRONDANI, W.C.; LEMES, J.S.; FERREIRA, O.G.L.; ROLL, V.F.B.; DEL PINO, F.A.B. **Perfil metabólico de ovelhas em gestação.** *Archivos de Zootecnia*, v. 65, n. 249, p. 1-6. 2016.
- CAO, Y.; ZHANG, J.; YANG, W.; XIA, C.; ZHANG, H.; WANG, Y.; XU, C. **Serum paraoxonase as na indicator for fatty liver in sheep.** *Journal of Veterinary Research*, v. 61, n. 1, p. 97-102. 2017.
- CARDOSO, E.C.; OLIVEIRA, D.R.; BALARO, M.F.A.; RODRIGUES, L.F.S. e BRANDÃO, F.Z. **Índices produtivos e perfil metabólico de ovelhas Santa Inês no pós-parto no nordeste do Pará.** *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 18, n. 2-3, p. 114-120. 2011.
- CONTRERAS, P.A. & WITWER, F. **Uso dos perfis metabólicos no monitoramento nutricional dos ovinos.** In: GONZÁLEZ, F.H.D.; OSPINA, H.; BARCELOS, J.O. e RIBEIRO, L.A.O. (Eds.). *Perfil metabólico em ruminantes: Seu uso em nutrição e doenças nutricionais.* Gráfica UFRGS. Porto Alegre. 108 pp. 2000.
- COSTA, J.N.; SILVA, D.F.M.; LIMA, C.C.V.; SOUZA, T.S.; ARAUJO, A.L.; COSTA NETO, A.O.; ALMEIDA, M.A.O. **Falha da transferência de imunidade passiva em cordeiros mestiços (Santa Inês x Dorper) e estudo do proteinograma do nascimento até o desmame.** *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 50, n. 2, p. 114-120. 2013.
- EDMONDSON, M. A.; PUGH, D. G. **Pregnancy Toxemia in Sheep and Goats.** *Current Veterinary Therapy*, p. 144-145, 2009.
- FARID, A.S.; HONKAWA, K.; FATH, E.M.; NONAKA, N.; HORII, Y. **Serum paraoxonase-1 as biomarker for improved diagnosis of fatty liver in dairy cows.** *BMC Veterinary Research*, v. 9, p. 73. 2013.
- FÉRES, F.C., LOMBARDI, A.L., BARBOSA, T.S., MENDES, L.C.N., PEIRÓ, J.R., CADIOLI, F.A., PERRI, S.H.V., FEITOSA, F.L.F. **Avaliação da transferência de imunidade passiva em cordeiros com até 30 dias de idade.** *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 47, n. 3, p. 231-236. 2010.
- FICAGNA, M.; BRAGANÇA, J.F.; DANELUS, F.; PETROLI, T.; BIANCHI, A.; ROCHA, J.F.; FIORENTIN, E.; BENNEMANN, P.; ROCHA, R. **Inclusão de cloreto de amônia na dieta pré-parto de ovelhas leiteiras e sua influência nos metabolismos do cálcio e energético.** *Revista Brasileira de Ciências Veterinárias*, v. 22, n. 2, p. 103-106, 2015.
- FLAIBAN, K.K.M.C.; BALARIN, M.R.S.; RIBEIRO, E.L.A.; CASTRO, F.A.B.; MORI, R.M.; LISBOA, J.A.N. **Passive immunity transfer in lambs from ewes with different protein or energy levels during late pregnancy.** *Ciência Animal Brasileira*, v.1, p. 181-185. 2009.
- FLOREN, H. K.; SISCHO, W. M.; CRUDO, C. MOORE, D. A. **Technical note: Use of a digital and an optical Brix refractometer to estimate total solids in milk replacer solutions for calves.** *Journal of Dairy Science*, v. 99. In press. 2016.

FTHENAKIS, G.C.; ARSENO, G.; BROZOS, C.; FRAGKOU, I.A.; GIADINIS, N.D.; GIANNENAS, I.; MAVROGIANNI, V.S.; PAPAPOULOS, E.; VALASI, I. **Health management of ewes during pregnancy**. *Animal Reproduction Science*, v. 130, p.198–212, 2012.

GIORDANO, A.; VERONESI, M.C.; ROSSI, G.; PEZZIA, F.; PROBO, M.; GIORI, L.; PALTRINIERI, S. **Serum paraoxonase-1 activity in neonatal calves: Age related variations and comparison between healthy and sick animals**. *The Veterinary Journal*. v. 197, p. 499-501, 2013.

GOKÇE, E.; KIRMIZIGÜL, A.H.; ATAKIŞI, O.; ERDOĞAN, H.M. **Risk factors associated with passive immunity, health, birth weight and growth performance in lambs: The relationship among passive immunity, birth weight, gender, birth type, parity, dam's health, and lambing season**. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, v.19, n. 5, p. 741-747, 2013.

GONZALES, F.H. **Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes**. In: GONZALES, F.H.D.; OSPINA, H.; BARCELOS, J.O. e RIBEIRO, L.A.O. (Eds.). *Perfil metabólico em ruminantes: Seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Gráfica UFRGS. Porto Alegre. 108 pp. 2000.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 198 p.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Radiografia da Agropecuária Gaúcha 2019**. Disponível em: <<https://www.expointer.rs.gov.br/upload/arquivos/201908/29170320-revist-finalweb.pdf>>. Acesso em: 22/03/2021.

HERNÁNDEZ-CASTELLANO, L.E.; MORENO-INDIAS, I.; SÁNCHEZ-MACIAS, D.; DELANUEZ, A.M.; TORRES, A.; ARGÜELLO, A.; CASTRO, N. **Sheep and goats raised in mixed flocks have diverse immune status around parturition**. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 9, p. 8478-8485. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção Pecuária Municipal (PPM)**. Rio de Janeiro: IBGE. 2016. 2017. 2018.

KARAGIANNIS, I.; PANOUSIS, N.; KIOSSI, E.; TSAKMAKIDIS, I.; LAFI, S.; ARSENOS, G.; BOSCO, C.; BROZOS, Ch. **Associations of pre-lambing body condition score and serum B-hydroxybutyric acid and non-esterified fatty acids concentrations with periparturient health of Chios dairy ewes**. *Small Ruminant Research*, v. 120, n. 1, p. 164-173. 2014.

KESSLER, E.C.; BRUCKMAIER, R.M.; GROSS, J.J. **Short Communication: Comparative estimation of colostrum quality by Brix refractometry in bovine, caprine, and ovine colostrum**. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 2, p. 2438-2444. 2021.

KOWALSKI, L.H.; SOUZA, D.F.; MONTEIRO, A.L.G.; FERNANDES, S.R.; SILVA, C.J.A. **Hepatic function indicators in newborn lambs, before and after colostrum intake**. *Synergismus scyentifica UTFPR*, Pato Branco, v. 08, n. 2. 2013.

LEISER, R. & KAUFMANN, P. **Placental structure: in a comparative aspect**. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, v. 102, n. 3, p. 122-134. 1994.

LÉRIAS, J.R.; HERNÁNDEZ-CASTELLANO, L.E.; SUÁREZ-TRUJILLO, A.; CASTRO, N.; POURLIS, A.; ALMEIDA, A.M. **The mammary gland in small ruminants: major morphological and functional events underlying milk production - A review**. *Journal of Dairy Research*, v. 81, n. 3, p. 304-318. 2014.

MOALLEM, U.; ROZOV, A.; GOOTWINE, E.; HONING, H. **Plasma concentrations of key metabolites and insulin in late-pregnant ewes carrying 1 to 5 fetuses**. *Journal of Animal Science*, v. 90, n. 1, p. 318–324, 2015.

MOREIRA, R.T.; ASSIS, L.C.; LIMA, E.M.M.; FILHO, E.J.F.; BORGES, J.R.J. **Perfil metabólico durante o parto de ovelhas da raça Santa Inês com gestação simples e múltipla.** *Ciência Animal Brasileira*, v. 20, p. 01-15. 2019.

NUNES, C.R.F. **Utilização da Refratometria Digital na estimativa da concentração de IgG de colostro de ovelhas Santa Inês.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Piauí. p.39, 2016.

OLIVEIRA, R.P.M.; MADURO, A.H.P.; LIMA, E.S.; OLIVEIRA, F.F. **Perfil metabólico de ovelhas Santa Inês em diferentes fases de gestação criadas em sistema semi-intensivo no estado do Amazonas.** *Ciência Animal Brasileira*, v. 15, n. 1, p. 81-86. 2014.

PAYNE, J.M. & PAYNE, S. **The metabolic profile test.** Oxford University Press. Oxford. 192 p. 1987.

PIRES JÚNIOR J.B., BUONORA C.R. de A.R., AFONSO J.A.B., DANTAS F.R., PEREIRA A.L.L., VIEIRA A.C.S., MENDONÇA, C.L. **Passive transfer of immunity in newborn calves delivery by cesarean section.** *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 35, n. 2, p. 111-116. 2013.

RAOOFI, A.; JAFARIAN, M.; SAFI, S.; VATANKHAH, M. **Fluctuations in energy-related metabolites during the peri-parturition period in Lori-Bakhtiari ewes.** *Small Ruminant Research*, v. 109, n. 1, p. 64-68. 2013.

ROOK, J.S. & HERDT, T.H. **Pregnancy toxemia of ewes, does, and beef cows.** *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, v. 16, n. 2, p. 293-317. 2000.

RUSSEL, A.J.F. **Nutrition of pregnant ewe**, p.29-39. In: *Ibid.* (Ed.). *Sheep and Goat Practice*. Baillière Tindall, London. 1991.

RUSSELL, K.E.; ROUSSEL, A.J. **Evaluation of the ruminant serum chemistry profile.** *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, v. 23, n. 3, p. 403-426. 2007.

SAKHA, M. **Metabolic adaptation after experimental clinical pregnancy toxemia in ewes.** *Comparative Clinical Pathology*, v. 25, n. 3, p. 649-653. 2016.

SANTAROSA, B. P. **Avaliação clínica, hemogasométrica, do perfil metabólico e do estresse oxidativo de ovelhas prenhes da raça dorper: comparação entre gestações única e gemelar.** Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Universidade Estadual Paulista. p.89, 2018.

SANTAROSA, B.P.; DANTAS, G.N.; FERREIRA, D.O.L.; SANTOS, B.; TAKAHIRA, R.K.; CARVALHO, M.G.; SILVA, A.A.; GONÇALVES, R.C. **Comparison of biochemical parameters between single and twin pregnancies of Dorper breed ewes during gestation, lambing and postpartum.** *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 71, n. 4, p. 1307-1315. 2019.

SANTIAGO, M.R. **Avaliação da transferência de imunidade passiva nos soros sanguíneos em cordeiros através de refratometria Brix%.** Dissertação (Mestrado) 48 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Prof.<sup>a</sup> Cinobelina Elvas. 48 f, 2017.

SANTIAGO, M.R.; FAGUNDES, G.B.; NASCIMENTO, D.M.; FAUSTINO, L.R.; SILVA, C.M.G.; DIAS, F.E.F.; SOUZA, A.P.; ARRIVABENE, M.; CAVALCANTE, T.V. **Use of digital Brix refractometer to estimate total protein levels in Santa Inês ewes' colostrum and lambs' blood serum.** *Small Ruminant Research*, v. 182, p. 78-80. 2020.

TURQUINO, C. F.; FLAIBAN, K. M. C.; LISBOA, J. A. N. **Transferência de imunidade passiva em cordeiros de corte manejados extensivamente em clima tropical.** *Pesquisa Veterinária Brasileira*. v.31, n.3, p. 199-205, 2011.

ULIAN, C.M.V., FERNANDES, S., RAMOS, P.R.R., DIAS, A., LOURENÇO, M.L.G., CHIACCHIO, S.B. **Avaliação da absorção colostrar em neonatos ovinos da raça Bergamácia.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 66, n. 3, p. 705-712. 2014.

VEJLSTED, M. **Comparative placentation.** In: HYTEEL, P.; SINOWATZ, M.; VEJLSTED, M. (Eds.). Essentials of Domestic Animal Embryology. Saunders/Elsevier. New York. p. 104-119. 2010.

WANG, M.; LI, E.; WANG, G. **Histopathological analysis of liver during pregnancy toxemia in small-tailed han sheep.** Agricultural Sciences and Technology, v. 15, n. 3, p. 470-473. 2014.

XUE, Y.F.; GUO, C.Z.; HU, F.; SUN, D.M.; LIU, J.H.; MAO, S.Y. **Molecular mechanisms of lipid metabolism disorder in livers of ewes with pregnancy toxemia.** Animal, v. 13, n. 5, p. 992-999. 2019.

## CAPÍTULO 28

### ESTUDO COMPARATIVO DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS PARA CONSERVAÇÃO DE PEÇAS ANATÔMICAS QUE SUBSTITUA O USO DO FORMALDEÍDO

Data de submissão: 01/10/2021

Data de aceite: 27/10/2021

**Djeniffer de Borba**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Unioeste

Marechal Cândido Rondon – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1182529986216750>

**Elaine Barbosa Muniz**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Unioeste

Marechal Cândido Rondon – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/9698278546376435>

**RESUMO:** O presente trabalho comparou diferentes formas de conservação utilizando corações e estômagos suínos, os quais foram submetidos a lavagens, foto documentação e análises de coloração, consistência e odor. As metodologias empregadas foram, o uso de glicerina aplicado em peças frescas, uso da glicerina aplicado em peças fixadas em formaldeído a 10%, técnica de formalização simples com adição de álcool a 70% e a criodesidratação. Observou-se que a glicerina possui grande potencial de substituição ao formaldeído para peças frescas e tal qual em peças já conservadas em formaldeído a 10%. Tanto a as peças fixadas em formaldeído e conservadas em glicerina, quanto as

peças submetidas a técnica com álcool 70% apresentaram pouco maleáveis quando comparadas as peças conservadas em formol. A técnica de criodesidratação não apresentou resultados satisfatórios.

**PALAVRAS-CHAVE:** Anatomia. Preservação. Toxicidade.

#### COMPARATIVE STUDY OF THE USE OF TECHNIQUES FOR THE CONSERVATION OF ANATOMICAL PARTS THAT REPLACE THE USE OF FORMALDEHYDE

**ABSTRACT:** The present work compared different forms of conservation using pig hearts and stomachs, which were subjected to washing, photo documentation and analysis of color, consistency and odor. The methodologies used were the use of glycerin applied to fresh pieces, use of glycerin applied to pieces fixed in 10% formaldehyde, simple formalization technique with the addition of 70% alcohol and cryodehydration. It was observed that glycerin has great potential to replace formaldehyde for fresh parts and just like in parts already preserved in 10% formaldehyde. Both the pieces, fixed in formaldehyde and preserved in glycerin, and the pieces submitted to the technique with 70% alcohol showed little malleability when compared to the pieces preserved in formaldehyde. The cryodehydration technique did not show satisfactory results.

**KEYWORDS:** Anatomy. Preservation. Toxicity.

## 1 INTRODUÇÃO

A anatomia é a ciência que estuda estruturas e a morfologia dos sistemas que compõem o corpo dos animais, sendo imprescindível para o conhecimento e compreensão das interações de todas suas estruturas e características de cada um de seus órgãos ou partes (Dangelo & Fatini, 2007). Devido a sua característica visual, as aulas práticas em laboratório aproximam e familiarizam o estudante com as estruturas estudadas nas aulas teóricas, auxiliando na construção do raciocínio e na consolidação do aprendizado (Aversi & Ferreira *et al.*, 2009).

Uma das maneiras de realizar os estudos em anatomia animal é com a utilização de peças fixadas e conservadas em formol a 10%. A preocupação quanto a conservação de peças anatômicas existe a mais de 5 mil anos, pois o uso de peças cadavéricas é indispensável para o ensino, contribuindo com a melhora das habilidades aplicativas, assimilativas e compreensivas da disciplina (Cury *et al.*, 2013). Existem vários métodos conhecidos atualmente para a conservação de peças anatômicas, sendo os dois mais utilizados, a formalização e a glicerinação, ambos necessitando de tempo e local adequado para serem mantidos e conservados (Cury *et al.*, 2013).

Desde sua descoberta, o formaldeído é sem dúvida o fixador e conservante de tecido biológico mais utilizado em laboratórios de anatomia (Neto & Bigoni, 2014). O formaldeído é um produto volátil que provoca irritação das mucosas causando um forte ardor nos olhos e narinas. No ano de 1995 a Agência Internacional de pesquisa em câncer classificou o produto como um agente cancerígeno (IARC, 1995). Além de ser prejudicial à saúde o descarte inadequado de carcaças fixadas com formol e seus efluentes trazem sérios riscos ambientais. Quando inalado o formaldeído é absorvido no trato respiratório superior causando irritações imediatas é ainda pode ocorrer que o produto químico penetre pelas vias dérmicas (Viegas *et al.*, 2010).

A técnica de glicerinação promove a desidratação celular, apresentando ação antifúngica e antibacteriana, além de proporcionar uma melhor preservação das peças anatômicas com diversas vantagens entre elas a leveza que as mesmas adquirem no processo de conservação, permite que sua morfologia seja preservada o mais próximo da forma original assim como a coloração que se torna mais clara, facilitando a identificação de várias estruturas de difícil visualização. Além disso, a glicerina é inodora, não provoca irritação nas mucosas, não é cancerígena e não apresenta risco de contaminação ambiental tão elevado quando comparada com o formol. A desvantagem desta técnica está relacionada ao custo elevado do reagente, podendo ser este o principal fator que limita sua utilização em todas as universidades e laboratórios de anatomia (Krug *et al.*, 2011).

Para a utilização da técnica da glicerinação não existe a necessidade de descartar as peças fixadas com formol, já que essa técnica pode ser utilizada em peças fixadas com formal a 10% ou em peças frescas (Cury *et al.*, 2013).

Além do uso do formol e da glicerina que são as técnicas mais conhecidas e utilizadas devido a maior aproximação das características reais das peças, existe uma técnica de ótima alternativa na conservação de peças individuais e animais inteiros, conhecida como criodesidratação (Kremer *et al.*, 2011). Esta técnica consiste no processo de desidratação das peças que serão utilizadas nos estudos em anatomia. Esta técnica surgiu com o objetivo de solucionar o problema da fixação, conservação e manutenção de peças anatômicas em formol nas diferentes concentrações que pode ser uma limitação considerável no estudo da anatomia tanto para os alunos como para os professores e técnicos dos laboratórios. A alteração dos tecidos é uma característica inevitável na técnica de criodesidratação pois ocorre a total perda de água da peça utilizada, no entanto isso não é considerado um fator de grave influência no estudo dos alunos, apresentando apenas pequenas deformações em algumas estruturas devido a retração tecidual (Freitas *et al.*, 2009). Essa técnica apresenta vantagens como a de não haver necessidade de manter as peças em solução fixadora, e pelo fato de as peças ficarem extremamente leves em função da perda de água, tornando o transporte mais simples (Taylor & Van Dyke 1995).

Uma outra técnica utilizada é a conservação em álcool a 70% que é bastante utilizado em laboratório de conservação de espécie animais para estudos de zoologia principalmente peças de pequenos tamanhos. Apesar do seu baixo nível de toxicidade, o álcool é extremamente volátil, o que faz necessário uma reposição periódica e tornando esta prática inviável para peças maiores por exigir tanques hermeticamente fechados, levando à custos elevados (Pereira, 2014).

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi utilizar diferentes formas de conservação de peças anatômicas, a fim de substituir o uso formaldeído.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram obtidos corações e estômagos de suínos frescos provenientes de abatedouro. Após sua obtenção os corações e estômagos foram levados ao laboratório de anatomia animal da Unioeste, lavados, pesados, fotografados e descritos quanto

às características morfológica, coloração e textura. Posteriormente as peças foram submetidas a diferentes métodos de conservação.

Primeiramente foram utilizadas 5 unidades de corações de suínos frescos para realizar a primeira técnica de glicerinação, utilizando a metodologia descrita por Karam *et al.*, (2016), onde as peças foram fixadas em formol 10% durante 20 dias, em seguida foram lavadas com água por 48 horas para retirada total do formaldeído, posteriormente foram secas à sombra e então os corações foram submersos em peróxido de hidrogênio a 10% em um recipiente fechado durante 48 horas. Após isso, foram lavados com água, secos a sombra e submersos em solução de álcool 99%, onde foi mensurado semanalmente sua concentração com o auxílio de um alcoômetro, até estabilizar o percentual do teor alcoólico. Posteriormente os corações foram transferidos para outro recipiente fechado com glicerina P.A. onde permaneceram por 2 meses e em seguida foram avaliados.

No segundo processo de glicerinação, foram utilizados 5 corações de suínos, onde as peças frescas foram submersas em glicerina e mantidas em recipiente fechado por um período de 6 meses. Durante este período, a cada 15 dias, os órgãos foram fotografados e analisados macroscopicamente, considerando a coloração, consistência e o odor das peças conforme metodologia descrita por Krug *et al.*, (2011).

Outro processo de conservação utilizado foi o de formalização simples com adição de álcool á 70%, onde 3 unidades de corações suínos permaneceram por 20 dias em formalização a 10%, após este período as peças foram lavadas e secas, posteriormente foram submersas em frascos fechados que continham solução de álcool a 70%, onde permaneceram por 8 meses conforme metodologia descrita por Silva *et al.*, (2018).

Por fim, foram utilizadas 3 unidades de estômagos suínos frescos que foram submetidos a técnica de criodesidratação conforme metodologia descrita por Cury *et al.*, 2013. Para esse método foi necessário preservar alguns centímetros do esôfago e duodeno do trato digestório. A extremidade do duodeno foi amarrada e o estômago foi inflado com auxílio de uma bomba pela extremidade do esôfago. Os estômagos inflados foram amarrados em um bastão de madeira para facilitar o manuseio. Para realizar este método de desidratação os estômagos ficavam 48 horas mantidos congelados e 24 horas em temperatura ambiente. Assim, esse procedimento foi realizado por dezesseis vezes e no final do ciclo foram comparados com estômagos conservados em formaldeído.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro processo de glicerinação as 5 unidades de corações suínos fresco pesavam em 617,5 gramas. Após o processo de formalização as peças passaram a pesar

475,3 gramas. Ao passarem pela etapa de submersão em álcool 99% onde a concentração estabilizou-se em 90%, o peso registrado foi de 199,9 gramas.

Houve alteração na coloração das peças em todas as etapas realizadas. Verificou-se a presença de coloração mais clara ao retirar as peças do peróxido de hidrogênio e um leve escurecimento ao submetê-las a glicerina. Com relação a consistência verificou-se que houve uma pequena alteração comparando as peças que foram fixadas no formol em relação as peças que foram fixadas na glicerina (Figura 1).

Os resultados obtidos mostraram que as peças ficaram mais leves o que pode facilitar o manuseio das mesmas no laboratório principalmente quando se trabalha com peças de maior tamanho. Os reagentes alteraram a coloração das peças, desta forma comparando a coloração das peças conservadas no formol com as peças conservadas em glicerina pode-se notar que a glicerina tornou as peças mais clara, facilitando a identificação de várias estruturas conforme descrito por Krug *et al.*, 2011.

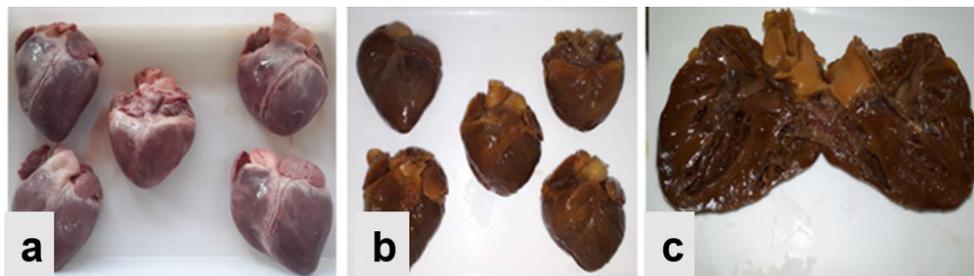
A glicerina alterou muito pouco a maleabilidade das peças e ela permaneceram inodoras. Os resultados obtidos foram similares aos de Pazini, (2019).

Figura 1 - Corações de suínos utilizados no primeiro processo de gliceração: (a) Conservados em formol, antes do início do processo; (b) Após etapa com peróxido de hidrogênio; (c) Etapa final, após imersão em glicerina.



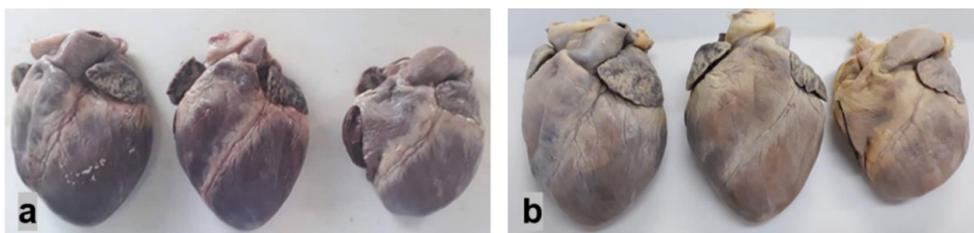
Na segunda metodologia utilizada as 5 unidades de corações suínos frescos pesaram no total de 640,6 gramas. Macroscopicamente pode-se observar um excelente resultado das peças frescas submetidas à gliceração, visto que mantiveram uma ótima textura e ausência de odores fortes, o que torna o ambiente para trabalho com essa peça mais agradável. A análise da coloração foi realizada através de foto documentação, observando-se um leve escurecimento dos órgãos logo nos dias iniciais. Estas peças passaram por secção no plano longitudinal e apresentaram alto potencial didático, visto que sua morfologia foi preservada bem próximo ao original, proporcionando fácil visualização de suas estruturas internas (Figura 2).

Figura 2 - Corações de suínos utilizados no segundo processo de glicerinação: (a) Frescos, antes do início do processo; (b) Etapa final, após 6 meses de imersão; (c) Secção longitudinal.



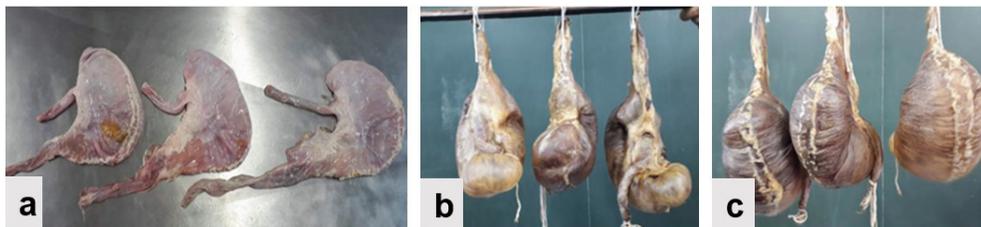
Para a técnica de formalização simples com adição de álcool a 70% foram utilizados 670,2 gramas de coração suíno fresco, totalizando 3 unidades (Figura 3). Observou-se uma pequena variação da coloração das peças, mantendo-se um pouco mais clara do que as submetidas à fixação com formol a 10%. As peças preservaram a consistência rígida, mas não tanto quanto as das peças fixadas em formol. Possivelmente as peças ficaram mais leves em função da desidratação provocada pelo álcool. Não foi detectado presença de odor desagradável e elas mantiveram a consistência firme, semelhantes aos resultados obtidos por Silva em 2018.

Figura 3 – Corações de suínos fixados em formol a 10% utilizados no processo de Formalização simples + Álcool 70%: (a) Fixados em formol a 10%; (b) Etapa final, após 8 meses em imersão em solução de Álcool a 70%.



A técnica de criodesidratação resultou em uma leve retração dos tecidos e também na diminuição do peso como observado também por Freitas *et al.*, (2009), em seu trabalho. Houve o escurecimento das peças interferindo de forma negativa no resultado (Figura 4). Ocorreu um aumento na fragilidade das peças em função da diminuição de peso das peças por conta da perda de água, o que facilita o seu manuseio. Resultados semelhantes também foram encontrados por Cury *et al.*, (2013) em seus trabalhos. Os estômagos não apresentaram resultado satisfatório devido o aspecto escuro e presença de odor muito forte.

Figura 4 - Estômagos de suínos utilizados no processo de criodesidratação: (a) Frescos, antes do início do processo; (b e c) Após o processo completo de criodesidratação.



## 5 CONCLUSÕES

A glicerina mostrou ser um eficiente meio para conservação de peças anatômicas frescas e formalizadas em solução a 10%.

Conservação em álcool 70% de peças anatômica formalizadas em solução a 10% podem garantir a sua preservação, porém é mais indicada para peças pequenas.

A técnica de criodesidratação para estômagos frescos de suínos não mostrou ser um eficiente processo de conservação mostrando necessidades novas pesquisas para obtenção de melhores resultados.

## REFERÊNCIAS

AVERSI-FERREIRA, T. A.; LOPES, D. B.; REIS, S. M. M.; ABREU, T.; AVERSI-FERREIRA, R. A. G. M. F.; VERA, I. & LUCCHESI, R. **Practice of dissection as teaching methodology in anatomy for nursing education.** Brazilian Journal of Morphological Sciences, São Paulo, v. 26, n. 3-4, p. 151-157, 2009. Disponível em: <http://www.jms.periodikos.com.br/journal/jms/article/587cb48f7f8c9d0d058b4748>. Acesso em: 24 de agosto de 2020.

CURY, F. S.; CENSONI, J. B.; AMBRÓSIO, C. E.; **Técnicas anatômicas no ensino da prática da anatomia animal.** Pesquisa Veterinária Brasileira. vol.33, no.5, p. 688-696, 2013.

DANGELO, J. G.; FATINI, C. A. **Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar.** 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

FREITAS, I. B.; SOUZA, A. M. & SANTOS, R. M. B. 2009. **Técnica anatômica aplicada na conservação de cortes segmentares em Canis familiaris e Decapterus macarellus.** IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, UFRPE, Recife, p. 1-3.

IARC – **Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer – Resumos e avaliações,** vol.62, p. 217, 1995. Disponível em: <https://inchem.org/documents/iarc/vol62/formal.html>. Acesso em: 28 de agosto de 2020.

KARAM, R. G.; CURY, F. S.; AMBROSIO, C. E.; MANÇANARES, C. A. F. **Uso da glicerina para a substituição do formaldeído na conservação de peças anatômicas.** Pesquisa Veterinária Brasileira, vol.36, no.7, p. 671-675, 2016.

KREMER, R.; SCHUBERT, J. M. & BONFÍGLIO, N. S. **Criodesidratação de vísceras do canal alimentar no preparo de peças anatômicas para estudo veterinário.** PUBVET, Londrina, v. 5, n. 13 p. 1081, 2011.

KRUG, L., PAPPEN, F.; ZIMMERMANN, F.; DEZEN, D.; RAUBER, L.; SEMMELMANN, C.; ROMAN, L. I. & BARRETA, M. H. **Conservação de Peças Anatômicas com Glicerina Loira**. Instituto Federal Catarinense, Concórdia, SC, p. 1-6. 2011.

KRUG, L.; PAPPEN, F.; ZIMMERMANN, F.; DEZEN, D.; RAUBER, L.; SEMMELMANN, C.; ROMAN, L. I.; & BARRETA, M. H. (2011). **Conservação de Peças Anatômicas com Glicerina Loira**. In Anais da I Amostra de Iniciação Científica, Concórdia, Santa Catarina, Brasil.

NETO, R. A. F.; BIGONI, P. S. **Substituição do formaldeído pela glicerina na conservação de preparações anatômicas**. Revista Laborativa. v. 3, n. 3, p. 75-87, 2014.

PAZINI, G. D.; MUNIZ, E. B.; SILVA, Y. L. **Conservação de peças anatômicas utilizando técnicas que substituem uso do formaldeído**. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO, 5., 2019, Cascavel. **Anais: 5º EAICTI – Encontro Anual de Iniciação Científica e Inovação da Unioeste**. Cascavel: Unioeste, 2019. Disponível em: <https://midas.unioeste.br/sgev/eventos/eaicti2019/anais>. Acesso em: 28 de agosto de 2020.

SILVA, M. B. C. **Uso de técnicas de manutenção de peças anatômicas alternativas ao formaldeído: um estudo corporativo**. Ituiutaba, 2018. 25p. Trabalho acadêmico (trabalho de conclusão de curso em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Uberlândia.

TAYLOR W, R.; VAN DYKE, G. C. **Revise procedures for staining and clearing small fishes and others vertebrates for bone and cartilage study**. *Cybium* v.9, n.2, p. 107-119,1995.

VIEGAS, S. et al. **Genotoxic effects in occupational exposure to formaldehyde: a study in anatomy and pathology laboratories and formaldehyde resins production**. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, London, v. 5, n. 1, p. 25, 2010.

# CAPÍTULO 29

## AGRESSIVIDADE EM CÃES DA RAÇA CHOW CHOW NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG

Data de submissão: 14/10/2021

Data de aceite: 21/10/2021

### Lívia Comastri Castro Silva

Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde  
FACISA/UNIVIÇOSA  
Viçosa – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/3362602629215520>

### Alessandra Sayegh Arreguy Silva

Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde  
FACISA/UNIVIÇOSA  
Viçosa – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/5987558342018603>

### Rogério Pinto

Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde  
FACISA/UNIVIÇOSA  
Viçosa – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/5751779721300257>

### Sérgio Domingues

Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde  
FACISA/UNIVIÇOSA  
Viçosa – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/9059949891356409>

**RESUMO:** Este estudo objetivou esclarecer quais são os principais fatores que contribuem para o desenvolvimento do comportamento agressivo em cães da raça Chow Chow, visto que a agressividade canina é um problema de

saúde pública e uma das principais causas de abandono e eutanásia em cães. Coletou-se dados em todo o município de Viçosa - MG, e os tutores responderam um questionário composto de perguntas sobre o modo de criação do cão e tipo de manejo. As informações foram digitadas para um banco de dados e estatisticamente analisadas. Os resultados mostraram que o sexo, a idade, o *pedigree* e o manejo, forma como o tutor educa seu cão tem grande influência sobre o temperamento e comportamento dos Chow Chows, que são naturalmente bem comportados, raramente destrutivos ou desobedientes, e devido ao seu bom comportamento alguns tutores sentem que o treinamento não é necessário. Porém, quando um Chow Chow destreinado chega à adolescência ele pode se recusar a aceitar a autoridade. Concluiu-se que a maioria dos distúrbios comportamentais de agressividade desses animais vem de um despreparo ou manejo inadequado dos mesmos por seus tutores. Por isso, antes de adquirir um animal, deve-se pesquisar as características, comportamentos e hábitos da raça para que problemas de comportamento como a agressividade possam ser evitados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adestramento. Agressão. Comportamento canino.

### AGGRESSIVENESS IN THE CHOW CHOW BREED DOGS IN VIÇOSA - MG

**ABSTRACT:** This study aimed to clarify the key factors that contributed to the development

of aggressive behavior in dogs of Chow Chow breed, given the fact that the canine aggressiveness is a public health question and is one of the main causes of abandonment and euthanasia. There were samples collected throughout the municipality of Viçosa - MG, and the owners answered a questionnaire composed by questions about the dog-creation mode and type of management. The data was typed to a database and statistically analyzed. The results indicated that the gender, age, pedigree and the management, the way the owner educates his dog has influence on the temperament and behavior of Chow Chows, that are naturally well behaved, rarely destructive or disobedient, and because of its good behavior some owners feel that training is not necessary. Yet, when an untrained Chow Chow reaches adolescence it may refuse to accept authority. It was concluded that the most of aggressive behavioral disturbances of these animals comes from a lack of preparation or inappropriate management provided by the owners. Therefore, before purchasing an animal, the owner must research the breed characteristics, behavior and habits so that the behavior problems as aggressiveness can be avoided.

**KEYWORDS:** Aggression. Canine behavior. Training.

## 1 INTRODUÇÃO

A proximidade das pessoas com os cães tem aumentado devido a crescente urbanização, sendo que essa ligação se estende há pelo menos 10.000 anos. Apesar de preencherem papéis diversos como companhia, alimento e alter ego (grande amigo, em quem se pode confiar tanto quanto em si mesmo), os cães são animais predadores que ainda mantêm seus instintos selvagens, provindos de seus ancestrais lobos, mesmo após muitos anos de domesticação. Seu comportamento é bastante parecido com o do lobo, embora existam variações comportamentais entre as raças e o fato de que os cães se especializaram em muitas funções nessa seleção realizada pelo homem (COSTA et al., 2013; SANTANA et al., 2009).

O Chow Chow é uma raça criada pelo homem com registros escritos desde 1100 anos aC e registros de estátuas de 4000 anos. Sua origem não é a China como alguns pensam e sim a Mongólia, sendo criados por tribos bárbaras mongóis e usados para guarda, caça e batalha, a princípio. Os mongóis levaram a raça para o território chinês com a invasão da China. Eram descritos como “aparência leonina, robustos e poderosos” e chamados de “cães de guerra”. Os cães que acompanhavam o Genghis Klan e seu exército quando conquistou o seu império provavelmente eram os Chow Chows. Suas funções cresceram com o passar dos anos como pastoreio, farejadores, busca, tração, puxadores de trenós, fornecedores de pele e comida, além das funções iniciais (Chow Chow Brasil, 2000).

O temperamento do Chow Chow é bem diferente de outras raças. Podem ser considerados como “gatos” em suas atitudes. São relativamente distantes, reservados com afeto, independentes, dignos e teimosos. Nem sempre gostam de serem mimados por crianças ou estranhos. São considerados inteligentes, mas não são motivados a

agradar seus donos como a maioria das outras raças. Eles parecem agradar a si mesmos em primeiro lugar e não toleram o castigo físico. Agressividade em um indivíduo da raça por um ser humano pode resultar em agressividade no cão. O temperamento do Chow Chow é muitas vezes incompreendido por pessoas que não entendem a natureza única da raça. Naturalmente desconfiado com estranhos e territorialistas, protegem o ambiente onde vivem (DANDRIDGE, 2012).

A raça, criação, temperamento, educação e ambiente são alguns dos vários fatores que influenciam o comportamento de um cão e por isso, é quase impossível que um indivíduo possua o mesmo temperamento e comportamento, sendo criados de formas diferentes (COSTA et al., 2013). Segundo Heiblum (2006), a maioria dos problemas entre os tutores e seus cães são conflitos sociais. Soares et. al, (2011) relatam que para se descobrir as razões de certos comportamentos dos cães domésticos é preciso observar os seres humanos que convivem com esses cães, pois a relação inadequada entre estes e o cão agrava, predispõe e complica os distúrbios comportamentais, apesar de que pode até não ser a única causa dos mesmos. Santana et al., (2009) descrevem que se torna importante conhecer alguns erros existentes na interação homem-animal que podem intervir no contexto de agressividade dos cães para assim compreender esse fenômeno e promover medidas preventivas que consigam diminuir sua ocorrência.

Os acidentes causados por animais, especialmente os cães, em humanos ocorrem numa alta frequência no Brasil (FORTES et al., 2007). Segundo os veterinários brasileiros, no Brasil a agressividade canina é o principal motivo de abandono ou eutanásia dos cães, porém eles raramente recomendam a eutanásia para os casos de problemas comportamentais de cães que eles atendem em sua rotina. As queixas mais frequentes são em relação a comportamentos destrutivos e comportamentos agressivos (SOARES et al., 2013; SOARES et al., 2010).

Esse trabalho teve como objetivo quantificar e qualificar quais são os principais fatores que contribuem para o desenvolvimento da agressividade nos cães da raça Chow Chow, visto que a agressividade canina é uma das principais causas de abandono e eutanásia na espécie e um grande problema para o homem que convive e é atacado por um cão.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidos aleatoriamente 22 tutores de 40 cães da raça Chow Chow no município de Viçosa. Os mesmos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 01) e responderam um questionário adaptado de (SOARES, 2010), composto de perguntas sobre o modo de criação do cão e tipo de manejo (ANEXO

02) para que os fatores predisponentes do comportamento agressivo nesses animais fossem identificados.

Os dados foram coletados entre julho e agosto de 2015 e tabulados em setembro do mesmo ano. Houve no questionário questões objetivas sobre: sexo, idade, adestramento, vacinação, pedigree, local de criação do cão, modo de criação, função do animal em casa, comportamento, se costuma passear com cão, frequências de passeios, se usa coleira, quem cuida, se costuma brincar, frequência das brincadeiras, quando abordado por uma criança ou adulto desconhecido enquanto está fora de casa, quando corrigidos ou punidos verbalmente por um membro da família, quando pessoas desconhecidas tentam tocar ou acariciar o cão, quando cães desconhecidos visitam sua casa, quando um cão desconhecido late, rosna ou mostra os dentes, quando você ou alguém da família recuperam objetos roubados pelo cão, como se comporta com outro cão residente na mesma casa, quando uma pessoa desconhecida se aproxima de você ou de outro membro da família dentro de casa, quando uma pessoa desconhecida se aproxima de você ou de outro membro da família fora de casa, quando examinado por um médico veterinário, quando a comida do cão é retirada por algum membro da família, quando abordado por um cão macho desconhecido enquanto passeia, quando abordado por uma cadela desconhecida enquanto passeia. O tutor tinha as opções de marcar números entre 0 e 5, sendo: sem agressão = 0 e 1; agressividade média = 2 e 3 e agressividade alta = 4 e 5.

Foi realizada a estatística descritiva valendo-se de frequências absolutas e relativas e múltiplas. Para análise das interferências nos níveis de agressividade foi utilizada a análise de Alfa de Cronbach. As análises foram realizadas por meio do Programa estatístico Sistema Para Análise Estatística SPEG (2007), Versão 9.1. O projeto foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa e Experimentação Animal do Centro Universitário de Viçosa– UNIVIÇOSA, atendendo às resoluções do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV), registrado pelo número 108/2005-1. Todos os procedimentos foram não invasivos e supervisionados por profissionais Médicos Veterinários.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com relação ao sexo, 54% dos tutores possuíam cães machos e 46% possuíam fêmeas. Sessenta e oito por cento tinha entre 2 a 4 anos, todos vacinados e 56% não possuía pedigree. Outra informação relevante é o fato de que 76% dos cães não foram adestrados com comandos básicos como sentar, deitar, ficar, entre outros, considerados “não obedientes” pelos seus tutores (TABELA 1). Os cães machos e jovens (entre 2 a

4 anos), sem pedigree e sem adestramento apresentaram maior grau de agressividade (entre 4 e 5) quando abordados por estranhos e diante de cães desconhecidos. De acordo com Santana et al. (2009) e Paranhos et al. (2013) cães mais bravos têm altos níveis de testosterona no organismo, conseqüentemente os cães que têm maior tendência à agressividade são os machos não castrados. Cães machos têm a tendência de morder 6,2 vezes mais do que fêmeas e 2,6 vezes mais que os castrados. Nesse estudo não foram discriminados animais castrados e inteiros, apenas machos e fêmeas. A maturidade (inclusive sexual) para a maioria das raças ocorre entre 1,5 e 3 anos de idade, sendo este período normalmente marcado com um aumento na agressividade. Esta é uma ótima oportunidade para reforçar a liderança dos tutores através de um treinamento de obediência básica. (Tudo Sobre Cachorros, 2015). Segundo Silva (2012) cães com pedigree que apresentam comportamento agressivo devem ser impedidos de procriar, pois o temperamento é uma característica bastante influenciada pela genética. Já um cão sem pedigree não tem nenhuma garantia quanto à procedência, temperamento e se forem agressivos têm maior probabilidade de apresentarem filhotes com desvio de temperamento. Todos esses dados estão dispostos na Tabela 01.

De acordo com Oliveira (2019) para se sentir seguros os cães precisam de comando e esses devem ser claros, firmes e coerentes. Sempre que perceber que o cão está desafiando o dono, o mesmo deve assumir sua posição de líder, lembrando que essa liderança se conquista com inteligência e carinho.

Tabela 1. Frequências absolutas e relativas verificadas para as variáveis: sexo, idade, adestramento, vacinação e pedigree dos cães avaliados.

<b>Variáveis</b>	<b>Frequência Absoluta (unidade)</b>	<b>Frequência Relativa (%)</b>
<b>Idade</b>		
< 2 anos	6	14,634
2 a 4 anos	28	68,293
6 a 8 anos	2	4,878
> 8 anos	5	12,195
<b>Adestramento</b>		
Sim	10	24,390
Não	31	75,610
<b>Vacinação</b>		
Sim	41	100
Não	0	0
<b>Pedigree</b>		
Sim	18	43,902
Não	23	56,098

Quanto ao manejo do animal, 53% dos entrevistados relataram que seus cães viviam dentro e fora de casa e apenas 22% dos cães somente dentro de casa, o que sugere uma relação distante dos proprietários com seus animais. Todos os animais dos entrevistados são criados soltos, ou seja, não são acorrentados (Tabela 02). Não houve correlação dos itens acima com a agressividade, porém, Santana et al. (2009) relatam que o comportamento agressivo pode ser reflexo do ambiente em que o animal vive devido à falta de limites aos cães, intervindo no seu temperamento, pois as condições de vida do animal podem contribuir para respostas agressivas.

De acordo com as entrevistas, 53% dos cães foram adquiridos para companhia, sendo que não houve correlação dessa informação com a agressividade nos animais (Tabela 02). Segundo Soares et al. (2010), a forma com que os tutores interagem com o cão está normalmente associada à agressividade. A maior parte dos ataques de cães ao homem acontece dentro do ambiente doméstico, devido ao desconhecimento dos tutores de como interagir com os animais, pois, muitas vezes o manejo inadequado pode levar a uma reação recíproca do animal (SANTANA et al., 2009). Todos esses dados estão na Tabela 02.

Tabela 2. Frequências absolutas e relativas verificadas para as variáveis: local de criação, modo de criação e função dos cães avaliados.

<b>Variáveis</b>	<b>Frequência Absoluta (unidade)</b>	<b>Frequência Relativa (%)</b>
<b>Local de Criação</b>		
Dentro de casa	9	21,951
Fora de casa	10	24,390
Dentro e fora de casa	22	53,659
<b>Modo de criação</b>		
Preso	0	0
Solto	41	100
<b>Função do cão</b>		
Guarda	0	0
Companhia	22	53,659
Guarda e companhia	19	46,341

Na tabela 3, nota-se que 93% dos tutores entrevistados passeiam com seus animais utilizando a coleira. Quarenta e um por cento fazem passeios numa frequência de 1 a 4 vezes na semana e 39% passeiam raramente com seus animais, sendo que estes apresentaram maior grau de agressividade com cães desconhecidos e nos procedimentos veterinários, como consultas e vacinas. Segundo Soares et al. (2013) os cães que apresentam maiores coeficientes para agressão ao tutor são os que andam na frente ou puxando a guia de seus

donos. Isso enfatiza o conhecimento de demonstrações de dominância e submissão que pode ter associação com a imposição de limites claros ao animal. Segundo esse mesmo autor, o fato de passear ou não com o cão não tem ligação com a agressão e sim a qualidade desse passeio, o que contradiz os resultados obtidos nesse estudo.

Encontrou-se nesse estudo uma quantidade maior de animais obedientes e mansos (63%), sendo 17% considerados por seus tutores obedientes e bravos ou desobedientes e mansos, e apenas 2% considerados desobedientes e bravos (Tabela 03). Os animais obedientes e bravos apresentaram grau de agressividade entre 4 e 5. Os animais da raça Chow Chow são naturalmente bem comportados, raramente destrutivos ou desobedientes, e devido ao seu bom comportamento alguns tutores sentem que o treinamento não é necessário. Porém, quando um Chow Chow destreinado chega à adolescência ele pode se recusar a aceitar a autoridade. Segundo Costa et al. (2013) a raça, criação, temperamento, educação e ambiente são alguns dos vários fatores que influenciam o comportamento de um cachorro e eles não possuem o mesmo temperamento e comportamento. A criação que recebem do seu dono é uma das variáveis que modifica a forma de agir do animal. De maneira geral, o comportamento de agressividade começa na infância do cão quando não lhe foram impostos limites e assim o animal se reconhece como o dominante ou líder (SANTANA et al., 2009).

Na tabela 4, observou-se que 83% dos entrevistados responderam que várias pessoas da família cuidam do cão, 97% costumavam brincar com seus cães e 61% brincavam mais de uma vez por dia. Não houve correlação desses parâmetros com a agressividade. Cães que brincam pouco podem apresentar mais ansiedade e tornarem-se mais agressivos. O tutor precisa ser reconhecido pelo seu cão como integrante de sua matilha para manter o equilíbrio psicológico do animal. Para isso acontecer, o dono deve identificar a melhor forma de interagir com seu cão, sem essa interação podem ocorrer distúrbios comportamentais agressivos e destrutivos (SANTANA et al., 2009).

Tabela 3. Frequências absolutas e relativas verificadas para as variáveis: comportamento do animal, passeio, frequência de passeios e uso da coleira dos cães avaliados.

Variáveis	Frequência Absoluta (unidade)	Frequência Relativa (%)
<b>Comportamento</b>		
Obediente e manso	26	63,415
Obediente e bravo	7	17,073
Desobediente e manso	7	17,073
Desobediente e bravo	1	2,439

<b>Variáveis</b>	<b>Frequência Absoluta (unidade)</b>	<b>Frequência Relativa (%)</b>
<b>Passeio</b>		
Sim	30	73,171
Não	11	26,829
<b>Frequência de Passeio</b>		
1 a 3 vezes no dia	8	19,512
1 a 4 vezes por semana	17	41,463
Raramente	16	39,02
<b>Uso da coleira</b>		
Sim	38	92,683
Não	3	7,317

O cão precisa de dedicação e reconhecimento (elogios) dos donos para manter seu equilíbrio psíquico (SANTANA et al., 2009). O cão aceita um ser humano como líder da matilha se a pessoa projetar uma energia calma e assertiva correta, estabelecendo regras, limites e restrições sólidas (MILLAN et al., 2006).

Na tabela 5, verificam-se indicadores de agressividade em cães e seus respectivos desvios padrões. A agressividade se agravou em situações quando cães desconhecidos visitam sua casa, quando um cão desconhecido latia, rosnava ou mostrava os dentes ou quando abordado por um cão macho desconhecido enquanto passeia. Segundo Paranhos et al., (2013) a agressividade territorial é quando o cão reage agressivamente quando um estranho entra em seu território ou nas suas vizinhanças e se manifesta contra pessoas ou animais desconhecidos que se aproximam do seu espaço. O conceito desse espaço é na maioria das vezes maior daquilo que se entende como o espaço do cão podendo ser o canil, o quintal, a casa ou o quarteirão. Já segundo Soares et al. (2011) a agressividade ou medo de outro cão desconhecido é quando o cão responde agressivamente quando ele é abordado diretamente por um cão desconhecido.

Tabela 4. Frequências absolutas e relativas verificadas para as variáveis: cuidados, brincar e frequência das brincadeiras dos cães avaliados.

<b>Variáveis</b>	<b>Frequência Absoluta (unidade)</b>	<b>Frequência Relativa (%)</b>
<b>Cuidados</b>		
Só o entrevistado	7	17,073
Outro membro da família	0	0
Várias pessoas da família	34	82,927

<b>Variáveis</b>	<b>Frequência Absoluta (unidade)</b>	<b>Frequência Relativa (%)</b>
<b>Brincar</b>		
Sim	40	97,561
Não	1	2,439
<b>Frequência de brincadeiras</b>		
Mais de uma vez por dia	25	60,976
1 vez por dia	6	14,634
2 a 3 vezes por semana	2	4,878
Só quando chega em casa	8	19,512

A situação se agravou também quando examinado por um médico veterinário (1,43). De acordo com Soares et al. (2011) a agressividade em relação a estranhos é quando o cão responde agressivamente com rosnados, latidos ou ataques a pessoas estranhas que invadam ou se aproximem do seu espaço individual ou do seu proprietário.

A agressividade apresentou-se menor quando corrigidos ou punidos verbalmente por um membro da família, quando alguém da família recupera objetos roubados pelo cão, quando uma pessoa desconhecida se aproxima de você ou de outro membro da família dentro ou fora de casa e quando a comida do cão é retirada por algum membro da família. Segundo Fatjó et al. (2003) por muito tempo, a maioria das respostas agressivas do cão para com os membros da família tem sido associada a um conflito de hierarquia subjacente entre o cão e uma ou mais pessoas da família. A maioria das descrições clínicas relata que um cão agressivo dominante é direcionado a se comportar de uma forma assertiva cada vez que o dono desafia o seu estado ou surge uma circunstância competitiva. Segundo Soares et al. (2011) a agressividade direcionada ao tutor é quando o cão responde agressivamente ao seu dono ou a outras pessoas da família quando desafiado, manipulado, encarado ou quando se aproximam enquanto o cão está de posse de brinquedos ou comida.

Foi realizada análise de confiabilidade em cada dimensão, para assegurar a qualidade dos resultados e das teorias utilizadas, valendo-se do coeficiente Alfa de Cronbach, e cálculo do valor médio das respostas verificadas para os indicadores de qualidade (Tabela 05). Seu conjunto de indicadores apresentou um coeficiente alfa de Cronbach igual a 0,84629 correspondendo a um nível de confiabilidade satisfatório, como citado por Matthiensen (2011), que afirma aumentar a confiabilidade do instrumento de medição, quando os dados se aproximam de um.

Tabela 5. Valor médio dos indicadores de agressividade em cães e seus respectivos desvios padrões e o Coeficiente alfa de Cronbach calculado.

Indicadores de agressividade dos cães	Média*	Alfa de Cronbach
1. Quando abordado por uma criança ou adulto desconhecido enquanto está fora de casa	0,88 ± 1,38	0,784739
2. Quando corrigidos ou punidos verbalmente por um membro da família	0,32 ± 1,06	0,805513
3. Quando pessoas desconhecidas tentam tocar ou acariciar o cão	0,95 ± 1,44	0,775508
4. Quando cães desconhecidos visitam sua casa	1,80 ± 2,00	0,794923
5. Quando um cão desconhecido late, rosna ou mostra os dentes	2,12 ± 2,03	0,801853
6. Quando você ou alguém da família recuperam objetos roubados pelo cão	0,24 ± 0,83	0,808168
7. Como se comporta com outro cão residente na mesma casa	1,31 ± 2,03	0,88177
8. Quando uma pessoa desconhecida se aproxima de você ou de outro membro da família dentro de casa	0,50 ± 1,16	0,799824
9. Quando uma pessoa desconhecida se aproxima de você ou de outro membro da família fora de casa	0,50 ± 1,16	0,791837
10. Quando examinado por um médico veterinário	1,43 ± 2,00	0,81255
11. Quando a comida do cão é retirada por algum membro da família	0,40 ± 1,20	0,804323
12. Quando abordado por um cão macho desconhecido enquanto passeia	1,80 ± 1,93	0,795906
13. Quando abordado por uma cadela desconhecida enquanto passeia	1,41 ± 1,70	0,792338
<b>Média total</b>	<b>1,05 ± 1,53</b>	<b>0,84629</b>

\* Os indicadores de agressividade dos cães da raça Chow Chow foram avaliados numa escala variando de 0 até 5, segundo os critérios: Sem agressão = 0 e 1; agressividade média = 2 e 3, agressividade séria = 4 e 5.

## 4 CONCLUSÕES

A manifestação da agressividade em cães da raça Chow Chow é influenciada pelos fatores relacionados ao sexo masculino, idade jovem entre 2 a 4 anos, ausência de pedigree, manejo e adestramento do cão. Os tipos de agressividade identificados nesse trabalho foram agressão territorial com cães desconhecidos e agressão em relação a estranhos quando examinado por médico veterinário, sendo ambas por dominância e medo. Cães obedientes, porém, considerados bravos por seus tutores e que passeiam raramente foram os que apresentaram agressão séria (4 e 5). A formação dos médicos veterinários em relação ao estudo do comportamento animal, assim como o processo de socialização dos cães tem grande importância, uma vez que esse profissional é responsável pela orientação dos tutores quanto a escolha da raça, o manejo e adestramento do animal para que dessa forma homem e cão construam uma relação saudável e mais equilibrada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOW CHOW BRASIL – A CENTRAL DA RAÇA, 2000. **Histórico – Origens**. Disponível em: <http://www.chow.com.br/historico.php>. Acesso em: 18 jun. 2015.

COSTA, E. F.; COSTA, F. S.; SOUZA, K. M. S.; COSTA, T. N.; BANDEIRA, J. M.; LIMA, R. C. M.; SILVA, M. H. **Influência do Proprietário no Comportamento de Cães Atendidos no Hospital Veterinário da UFRPE**. XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, Recife, 2013.

DANDRIDGE, J. **An Oriental Masterpiece the Chow Chow**. 2012. Disponível em: <http://cdn.akc.org/ChowChow-club-flier.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2015.

FATJÓ, J.; AMAT, M.; MANTECA, X. Caso de comportamento animal do mês. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 223, n. 5, p. 623-6, 2003.

FORTES, F. S.; WOUK, A. F. P. F.; BIONDO, A. W.; BARROS, C. C. Acidentes por mordeduras de cães e gatos no município de Pinhais, Brasil de 2002 a 2005. *Archives of Veterinary Science*, v. 12, n. 2, p. 16-24, 2007.

HEIBLUM, M. Canine Competitive Aggression to Owners. In: **World Small Animal Veterinary Association World Congress Proceedings**, 31<sup>st</sup>, 2006, Prague. Conference Proceedings, Prague: Czech Republic, 2006. Disponível em: <https://www.vin.com/apputil/content/defaultadv1.aspx?pld=11223&meta=generic&catId=31443&id=3858923&ind=267&objTypeID=17>. Acesso em: 17 out. 2015.

MATTHIENSEN, A. O uso do Coeficiente Alfa de Conbrach em Avaliações por Questionários. Boa Vista-RR: Embrapa, 2011.

MILLAN, C. **O encantador de cães: Compreenda o melhor amigo do homem**. Campinas-SP: Verus editora, 2006. 266p.

OLIVEIRA, K. S. **Manual de Boas Práticas na Criação de Animais de Estimação**. Goiânia-GO: Cir Gráfica e Editora, 2019.

PARANHOS, N. T.; SILVA, E. A.; BERNARDI, F.; MENDES, M. C. N. C.; JUNQUEIRA, D. M. A. G.; SOUZA, L. O. M.; ALBUQUERQUE, J. O. M.; ALVES, J. C. M.; MACHADO, M. N. P. Estudo das agressões por cães, segundo tipo de interação entre cão e vítima, e das circunstâncias motivadoras dos acidentes, município de São Paulo, 2008 a 2009. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 65, n. 4, p. 1033-1040, 2013.

SANTANA, J. A.; ALMEIDA, L. P. **Ocorrência de Agressões por Cães: Caracterização da Situação de Domicílio do Animal Agressor e Espaço Geográfico da Agressão**. IX Encontro Interno & XIII Seminário de Iniciação Científica. Uberlândia: UFU, 2009.

SILVA, R. B. **Importância do Pedigree**. 2012. Disponível em: <http://www.canilmatsuyama.com.br/importancia-do-pedigree/> Acesso: 18 out. 2015.

SOARES, G. M.; DANTAS, L. M. S.; D'ALMEIDA, J. M.; PAIXÃO, R. L. Epidemiologia de Problemas Comportamentais em Cães no Brasil: inquérito entre médicos veterinários de pequenos animais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 873-879, 2010.

SOARES, G. M.; TELHADO, J.; PAIXÃO, R. L. Avaliação da Influência da Agressividade do Proprietário na Manifestação da Agressividade do Cão. *Revista Brasileira de Zootecias*, v. 13, n. 1-3, p. 197-206, 2011.

SOARES, G. M.; TELHADO, J.; PAIXÃO, R. L. Avaliação da Influência do Manejo na Manifestação da Agressividade do Cão. **Revista Brasileira de Zootecias**, v. 15, n. 1-3, p. 195-202, 2013.

SOARES, G. M.; TELHADO, J.; PAIXÃO, R. L. Comparação do Comportamento de Filhotes de Cães de Cinco Raças. **Archives of Veterinary Science**, v. 15, n. 4, p. 204-210, 2010.

TUDO SOBRE CACHORROS, 2015. **Fases da Vida de Um Cão**. Disponível em: <http://tudosobrecachorros.com.br/2012/02/fases-da-vida-de-um-cao.html>. Acesso: 18 out. 2015.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**EDUARDO EUGENIO SPERS** realizou pós-doutorado na Wageningen University (WUR), Holanda, e especialização no IGIA, França. Possui doutorado em Administração pela Universidade de São Paulo (USP). Foi Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração e do Mestrado Profissional em Comportamento do Consumidor da ESPM. Líder do tema Teoria, Epistemologia e Métodos de Pesquisa em Marketing na Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD). Participou de diversos projetos de consultoria e pesquisa coordenados pelo PENSA e Markestrat. É Professor Titular no Departamento de Economia, Administração e Sociologia, docente do Mestrado em Administração e Coordenador do Grupo de Extensão MarkEsalq no campus da USP/Esalq. Proferiu palestras em diversos eventos acadêmicos e profissionais, com diversos artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, livros e capítulos de livros sobre agronegócios, com foco no marketing e no comportamento do produtor rural e do consumidor de alimentos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abono verde 29, 30, 31, 179, 180  
Adestramento 326, 329, 330, 335  
Adubação verde 179, 181, 182, 183, 186, 187  
Agressão 326, 329, 331, 332, 335, 336  
Agricultura industrial 70, 78  
Agricultura industrial e indicadores de sustentabilidad 70  
Agricultura orgânica 63  
Agricultura sostenible 30, 31, 35, 119  
Agroquímicos 66, 132, 134, 160, 238  
Água 5, 7, 8, 9, 10, 12, 16, 19, 24, 26, 39, 40, 41, 46, 47, 61, 71, 72, 73, 78, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 141, 142, 143, 160, 172, 173, 176, 193, 205, 219, 221, 236, 241, 256, 259, 261, 262, 263, 264, 282, 294, 320, 321, 323  
Anaerobic co-digestion 49, 50, 51, 61  
Analytic hierarchy process 50  
Anatomia 268, 273, 318, 319, 320, 324  
Apropiación social 70  
Arroz de secano 169, 176, 177  
Aveia 179, 183, 185, 187

### B

Bacia hidrográfica 96, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 132, 134, 136, 137, 139, 140, 141, 142, 143, 144  
Bagazo de piña 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 215, 216  
Balanço hidrológico 132, 138  
Bioclimatologia 277, 290  
Biogas 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62  
Bovino 10, 50, 290, 291, 294, 305

### C

Cadeia produtiva 97, 98, 102, 220  
Cambio climático 48, 70, 79, 125, 176, 177, 190, 217

Caña de azúcar 30, 35, 189, 192, 193, 216  
Caprino 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 285, 286, 288, 289, 290, 291, 294, 308  
Caprinocultura 277, 278, 279, 281  
Chorume 1, 9, 10, 50  
Cinta de deyecciones 256, 262, 265  
Cobertura de plantas 30  
Coeficiente de Tolerância ao Calor 277, 279, 281, 282, 285, 286, 287, 288  
Colostro 307, 312, 313, 316  
Componentes de rendimento 219, 220, 221, 223, 224, 225, 227  
Comportamento canino 326  
Comportamento hidrológico 109, 111, 113, 114, 132, 144  
Composição florística 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 253  
Compostaje 235, 236, 237, 240, 241  
Compostos 1, 2, 9, 10, 11, 12, 16  
Copa 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 45, 242, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 304

## D

Derechos 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130  
Despojo 120, 121, 123, 124, 125, 127, 129, 130  
Diagnóstico 96, 98, 99, 100, 101, 104, 106, 107, 108, 218, 266, 267, 268, 269, 272, 274, 276, 291, 293, 294, 296, 299, 303, 304, 308, 311, 313  
Diaporthe phaseolorum var. caulivora 146, 147, 151, 154, 155  
Dinâmica de sedimentos 109  
Diversidade funcional 37

## E

Economia circular 8, 37, 46  
Ecossistema de montado 15, 22, 242, 243, 244, 252  
Espécies ameaçadas 63, 66  
Essências florestais 96, 97, 99, 105  
Estiércol 235, 237, 256  
estrume 1, 9, 10, 11  
Estruvita 1, 12  
Etnoespécies medicinais 82, 85, 86  
Exocarpo 201, 202, 203, 204, 205, 215, 216

## F

F<sub>1</sub> validation by SNP 147  
Fauna silvestre 63, 64, 65, 66, 68, 69

## G

Geographic information science 50  
Gestão de ecossistemas 37, 46  
Gestión social 120, 121, 123, 130  
Gibberella zeae 229, 230  
Girasol 156, 158, 159, 160, 161, 162, 166, 167, 180

## H

Harina 201, 202, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 213, 214, 215, 216, 217, 218  
Híbrido de milho 220  
Humidade 10, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 113, 114, 135, 243, 244, 245, 247

## I

Inceptisol 169, 170, 171  
Indicadores de sustentabilidad 70, 73, 74, 75, 76  
Inheritance of Rdc1 147, 148, 153  
Investigación acción participativa 70, 79

## L

Location-allocation 50, 54, 61

## M

Maíz 156, 158, 159, 160, 162, 167, 179, 180, 181, 188, 192, 198, 220  
Manejo 29, 30, 31, 35, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 72, 73, 75, 78, 80, 98, 102, 106, 120, 123, 124, 125, 126, 128, 130, 160, 171, 178, 191, 216, 219, 221, 228, 229, 230, 231, 237, 238, 241, 278, 279, 284, 286, 287, 288, 292, 294, 295, 305, 308, 326, 328, 331, 335, 337  
Manejo de plagas 30  
Matéria orgânica no solo 17, 44, 179, 186  
Milheto 179, 180, 181, 182, 183, 185, 186  
Modelo AnnAGNPS 109, 111, 112, 116, 118  
Mucuna 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188  
Multidisciplinaridade 82, 92

## N

Naranja valencia 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 215, 216

Neonato 307, 312, 313, 317

Nitrógeno 29, 31, 32, 169, 178, 180, 191, 193, 194, 196, 197, 198, 238, 240, 257, 259, 260, 263

## O

Orgânica 9, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 27, 31, 41, 44, 63, 65, 68, 69, 70, 78, 105, 110, 122, 130, 144, 160, 172, 173, 179, 180, 186, 187, 190, 238, 247, 257

Ovino 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 291

Ovinos 15, 18, 245, 274, 289, 290, 294, 305, 307, 308, 309, 314, 317

Oxisol 156, 157, 159, 161, 179, 180

## P

Paraguay 156, 157, 158, 159, 160, 168

Pastelería 202, 215

Patología respiratoria 266, 269

Periparto 306, 307, 308, 310, 311, 316

Plantas toxicas 94, 291, 292, 293, 294, 295, 304, 305

Plantinera 235, 237

População de plantas 220, 227

Porcino 255, 256, 257, 264, 265

Preservação 37, 39, 41, 42, 43, 47, 63, 68, 93, 98, 242, 318, 319, 324

Productividad y eficiencia biológicas 189

Progeny test 147, 149, 151

Protagonismo estudantil 82

## R

Rendimento de grãos 182, 183, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 230, 232, 233

Resíduos lignocelulósicos 189, 191, 199

Resíduos olivícolas 235

Rocha fosfatada 1, 3, 4, 5, 6, 7

Rumiantes 267, 268, 273, 276, 291, 293, 294, 297, 299, 300, 302, 303, 305

## S

Sensor de infravermelhos 15

Sensor óptico activo 242, 245, 253

Solo 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 66, 67, 103, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 118, 124, 133, 134, 144, 157, 161, 163, 167, 168, 170, 177, 179, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 190, 222, 227, 228, 236, 242, 243, 245, 247, 253, 258, 260, 261, 263, 267, 292, 298, 300

Sonda de capacitância 242, 251

Soybean stem canker 146, 147, 148, 153, 154

Suelo húmedo 169, 171

Suelo seco 169, 171, 175

Sustrato 189, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 208, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241

## T

Tomografia computadorizada 266, 267, 268, 273, 274

Toxidade 318, 320

Triticum aestivum 229, 230

## U

Uso agro-florestal 109, 111, 112

## V

Vías altas 266, 268, 269

Viveiros de Mudas 96, 97

## Y

Yeso 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167