

2014

ISSN 0104-9070

PAG
Pesquisa Agropecuária Gaúcha
volume 20 número 1/2

20

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio
Rio Grande do Sul - Brasil



Secretaria da Agricultura,
Pecuária e Agronegócio



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E AGRONEGÓCIO
FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

ISSN 0104-9070

**Pesquisa
Agropecuária Gaúcha**

Porto Alegre, 2014

Pesq. Agrop. Gaúcha, Porto Alegre, v. 20, ns. 1/2, p. 1-171, 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - FEPAGRO

Divisão de Comunicação Social – Programa de Editoração

Rua Gonçalves Dias, 570 – Bairro Menino Deus

Porto Alegre, RS – CEP 90130-060

Telefone: (51) 3288-8073 Fax: (51) 3233-7607

www.fepagro.rs.gov.br – fepagro@fepagro.rs.gov.br

pag@fepagro.rs.gov.br

Comissão Editorial:

Ivan Renato C. Krolow – Presidente; Ivonete Fátima Tazzo; Bernadete Radin; Andréia Mara Rotta de Oliveira; Diego Bittencourt de David; Fabiana Quos Mayer; Caio Stoffel Efrom; Antônio José Trevisan Teixeira; Rafaela de Felipe, Marioni Dornelles da Silva e Nêmore Arlindo Rodrigues.

Tiragem: 500 exemplares.

CATALOGAÇÃO NA FONTE

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA / Fundação Estadual de Pesquisa
Agropecuária; Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio. Porto Alegre, RS –
Brasil, 1995 –
Semestral – ISSN 0104-9070

2014, v. 20, ns. 1/2.

CDU 63(05)

REFERÊNCIA

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA. Porto Alegre: Fepagro, v. 20, p. ns. 1/2, p. 1-171.

Agricultura, Pecuária e Agronegócio

Os artigos publicados neste periódico científico estão indexados nas bases de dados:

- CAB International – CAB Abstracts;
- Agris;
- Denwent Veterinary Drug File;
- Denwent Crop Protection File.

Solicitamos permuta

O acervo da revista está disponível em <http://www.fepagro.rs.gov.br/lista/122/PAG>

Consultores deste volume

Adriana Kroef Tarouco (Fepagro)
Amanda Heemann Junges (Fepagro)
Ana Celi Silva (Unesc)
Ana Cristina Richter Krolow (Embrapa)
André Samuel Strassburger (Fepagro)
Bernadete Radin (Fepagro)
Caio Fábio Stoffel Efrom (Fepagro)
Caren Regina Cavichioli Lamb (Fepagro)
Carla Machado da Rosa (Unipampa)
Carolina dos Santos Batista Bonini (Unesp)
Caroline Jácome Costa (Embrapa)
Claudimar Sidnei Fior (UFRGS)
Cleber Witt Saldanha (Fepagro)
Daniela Vitória Krolow (Fepagro)
Deivid Araújo Magano (UFPEL)
Diego Bitencourt de David (Fepagro)
Edson Aparecido dos Santos (UFVJM)
Félix Rubén Arguedas-Rodríguez (Fepagro)
Fernanda San Martins Sanes (Embrapa)
Getulio Jorge Stefanello Júnior (IFRS)
Gismael Francisco Perin (UFFS)
Igor Poletto (Unipampa)
Ionara Fatima Conterato (Fepagro)
Ivan Renato Cardoso Krolow (Fepagro)
Ivonete Fátima Tazzo (Fepagro)
José Carlos Fachinello (UFPEL)
Júlio Kuhn da Trindade (Fepagro)
Karina Neoob de Carvalho Castro (Embrapa)
Lauri Lourenço Radünz (UFFS)
Lissandra Souto Cavalli (Fepagro)
Maria Angélica Cardoso (CRS-INPE)
Maria Helena Fermino (Fepagro)
Mateus da Silveira Pasa (Epagri)
Maurício de Oliveira (UFPEL)
Paula Araújo Ribeiro (Unipampa)
Rosana Matos de Moraes (Fepagro)
Rul Martins Antunes (UFPEL)
Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli (UFPEL)
Vagner Brasil Costa (Unipampa)

Autores deste volume

Aida Terezinha dos Santos Matsumura
Amauri Nelson Beutler
Anderson Dionei Grützmacher
Anderson Moraes de Lima
André Dabdab Abichequer
André Ricardo Zeist
André Samuel Strassburger
Andréia da Silva Costa
Angelo Mendes Massignan
Aníbal de Moraes
Antônio Luis Santi
Arnaldo Tiecker
Augusto Friederichs
Barbara Bonsaglia
Bethina Bastos Barboza
Caren Regina Cavichioli Lamb
Caroline de Brito Oliz
Caroline Giani de Carli
Claudia Klein
Cleber Rech
Cristina Pandolf
Daniel Alexandre Heberle
Daniela Cristina Pereira Lima
David Santos de Freitas
Débora Francielli de Oliveira
Deivid Araújo Magano
Deonisia Martinichen
Diego Henrique Simon
Edar Ferrari Filho
Eliza Gralak
Evander Alves Ferreira
Franciele Silva de Armas
Francieli Braghini
Gabriel Octávio de Mello Cunha
Geomar Mateus Corassa
Germani Concenço
Glauber Monçon Fipke
Gustavo Telles da Silva
Hugo José Braga
Ignacio Aspiazú
Ivan Renato Cardoso Krolow
Ivandro Xavier Lucas Bauaze
Ivane Benedetti Tonial
Jaime Antonio de Almeida
Janaína Tramuja
João Mendes Frazão Sobrinho
João Ronaldo Freitas de Oliveira
José Carlos Fachinello
José Francisco dos Santos Silveira Junior
Juliano Tadeu Vilela de Resende
Juliete Maria Frighetto
Junior Mello Damian
Leandro Galon
Luidi Eric Guimarães Antunes
Luís Eduardo Panozzo
Marcelo Zimmer
Marcio Luis Vieira
Marco André Grohskopf

Marcos Daniel de Sousa Ferreira
Maria Ligia de Souza Silva
Osmar Henrique de Castro Pias
Priscila Pauly Ribas
Rafael Friedrich de Lima
Rafael Gomes Dionello
Renato Barros de Lima Filho
Renato Trevisan
Sandra Galbeiro

Sebastião Brasil Campos Lustosa
Sergio Guimarães
Sueli Teresinha Van Der Sand
Tamara Esteves de Oliveira
Vagner Brasil Costa
Vera Regina dos Santos Wolff
Wilson Antonio Klein
Vinícius Sousa Fazio
Willians Moraes Cereta Bernardes

Seção: AGRONOMIA

Composição físico-química de erva-mate, antes e após simulação do chimarrão <i>Physico-chemical composition of mate, before and after simulation of mate</i> Francieli Braghini, Caroline Giani de Carli, Barbara Bonsaglia, José Francisco dos Santos Silveira Junior, Débora Francielly de Oliveira, Janaína Tramujas, Ivane Benedetti Tonial.....7	
Caracterização físico-química de pêssegos cultivar Eldorado produzido em diferentes sistemas de condução na região de Pelotas/RS <i>Physico-chemical characterization of peach 'Eldorado' produced in different systems of driving in the region of Pelotas / RS</i> Vagner Brasil Costa, José Carlos Fachinello.....16	
Produtividade e qualidade físico-química de laranjas 'Valência' da região Norte do RS: mapeamento e correlação entre variáveis <i>Yield and physico-chemical quality of 'Valencia' orange in the region North of RS: mapping and correlation among parameters</i> Juliete Maria Frighetto, Antônio Luis Santi, Osmar Henrique de Castro Pias, Renato Trevisan, Geomar Mateus Corassa, Junior Mello Damian, Diego Henrique Simon.....25	
Comparação de métodos de estimativa de área foliar em morangueiro <i>Comparison of methods for estimating leaf area in strawberry</i> André Ricardo Zeist, João Ronaldo Freitas de Oliveira, Renato Barros de Lima Filho, Maria Ligia de Souza Silva, Juliano Tadeu Vilela de Resende.....33	
Influência de herbicidas do grupo das imidazolinonas em características fisiológicas de plantas cultivadas no inverno <i>Influence of imidazolinone herbicides on physiological traits of winter crops</i> Leandro Galon, Sergio Guimarães, Anderson Moraes de Lima, Germani Concenço, Ivan Renato Cardoso Krolow, Evander Alves Ferreira.....41	
Seeding densities and productivity of rice cultivars in the West Border of Rio Grande do Sul State, Brazil Densidade de semeadura e produtividade de cultivares de arroz na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil Willians Moraes Cereta Bernardes, Leandro Galon, Amauri Nelson Beutler, Glauber Monçon Fipke, Ignacio Aspiazú, Germani Concenço, Sérgio Guimarães, Anderson Moraes de Lima..51	
Avaliações de qualidade durante o armazenamento de grãos de milho submetidos à secagem intermitente em três temperaturas do ar (60, 70 e 80°C) <i>Quality evaluations during storage of maize grains subjected to intermittent drying at three air temperatures (60, 70 and 80 ° C)</i> Edar Ferrari Filho, Rafael Friedrich de Lima, Rafael Gomes Dionello.....59	
Efeito de diferentes fontes energéticas na secagem e de tempos de armazenagem sobre as características físicas e tecnológicas de grãos de milho <i>Effect of different stationary sources of air heating on grain drying and storage duration on grain physical and technological quality</i> Edar Ferrari Filho, Luidi Eric Guimarães Antunes, Arnaldo Tiecker, Rafael Friedrich de Lima, Rafael Gomes Dionello.....68	
Produção de forrageiras anuais de inverno sob densidades de semeadura <i>Production of forage winter annual plant densities under</i> Eliza Gralak, Anibal de Moraes, Sebastião Brasil Campos Lustosa, Deonisia Martinichen, Sandra Galbeiro, Gustavo Telles da Silva.....77	
Resíduos orgânicos da agroindústria vinícola e da atividade avícola como fertilizante no	

cultivo da alface

Organic waste of winery and poultry rearing with fertilizer for lettuce

André Samuel Strassburger, Caren Regina Cavichioli Lamb, André Dabdab Abichequer.....84

Caracterização de isolados de *Trichoderma* e seu potencial para o controle biológicos de patógenos do feijoeiro *in vitro*¹

Trichoderma characterization and potential of biological control against bean phytopathogens in vitro

Priscila Pauly Ribas, Aida Terezinha dos Santos Matsumura, Sueli Teresinha Van Der Sand.94

Avaliação pós-colheita de maçãs cv. Fuji revestidas com solução filmogênica de quitosana

Postharvest evaluation of apples cv. Fuji coated with chitosan solution from filmogenic

Leticia M. Flores Castañeda, Renar João Bender, Sandra Jussara Nunes Silva, Claudio

Pereira.....104

Seção: RECURSOS NATURAIS

Caracterização física de um Nitossolo Vermelho do Extremo Oeste Catarinense sob diferentes sistemas de uso

Physical characterization of Rhodic Kandiodox from western Santa Catarina under different land uses

Claudia Klein, Marcio Luis Vieira, Vilson Antonio Klein.....113

Comparação de métodos de determinação de argila em diferentes solos brasileiros

Comparing methods for determination of clay contents in different Brazilian soils

Gabriel Octávio de Mello Cunha, Jaime Antonio de Almeida, Bethina Bastos Barboza, Augusto Friederichs, Cleber Rech, Daniel Alexandre Heberle, Marco André Grohskopf.....121

Aquecimento global e seus impactos no zoneamento climático da macieira de média exigência de frio na região Sul do Brasil

Global warming and climatic zoning of apple cultivars with medium chilling requirement on time of bud break in the south of Brazil

Cristina Pandolf, Angelo Mendes Massignan, Hugo José Braga, Vinícius Sousa Fazio.....131

Seção: ZOOTECNIA

Estrutura, conduta e desempenho como determinantes do preço do boi no estado do Rio Grande do Sul

Structure, conduct, performance as determinants of the price of beef in Rio Grande do Sul State

Tamara Esteves de Oliveira, Ivandro Xavier Lucas Bauaze, David Santos de Freitas.....138

Parâmetros ruminais de bovinos alimentados com farelo de girassol hidrolisado

Rumen parameters of cattle fed hydrolyzed sunflower meal

Marco Antônio Gonzales de Carvalho, Marina Gonzales de Carvalho, Bethina Bastos Barboza, Rosemary Laís Galati, Jane Maria Bertocco Ezequiel.....146

COMUNICADO TÉCNICO:

Febre Aftosa: ocorrência de nódulo pós-vacinal segundo via de aplicação da vacina

Foot and mouth disease: occurrence of nodule after application vaccine of according with the route

Daniela Cristina Pereira Lima, Andréia da Silva Costa, Marcos Daniel de Sousa Ferreira, João Mendes Frazão Sobrinho.....156

Primeiro registro de *Aclerda takahashii* (Coccoidea; Aclerdidae) no Rio Grande do Sul, Brasil

*First record of *Aclerda takahashii* (Coccoidea; Aclerdidae) in Rio Grande do Sul, Brazil*

Caroline de Brito Oliz, Vera Regina dos Santos Wolff.....162

INSTRUÇÕES PARA AUTORES.....168

Composição físico-química de erva-mate, antes e após simulação do chimarrão¹

Francieli Braghini², Caroline Giane de Carli³, Barbara Bonsaglia³, José Francisco dos Santos Silveira Junior³, Débora Francielly de Oliveira², Janaína Tramujas², Ivane Benedetti Tonial⁴

Resumo - O chimarrão, produto da infusão das folhas de erva-mate faz parte dos costumes e dieta, principalmente, dos consumidores do sul do Brasil. Isso porque, a bebida apresenta características sensoriais particulares e pode trazer benefícios à saúde dos seus consumidores. Visando contribuir com informações sobre as características nutricionais da erva-mate, foram realizadas análises físico-químicas em diferentes amostras do produto antes e após simulação do chimarrão. Com a intenção de verificar a inocuidade física das ervas-mate analisadas, realizou-se também análise microscópica das amostras ao natural. Os resultados obtidos para a erva-mate após simulação do chimarrão demonstraram que as proteínas, minerais, lipídios, cafeína e açúcares contidos no produto, seriam ingeridos pelos consumidores da bebida em proporções que variaram de 4,44% a 87,21% dependendo do parâmetro avaliado. Por outro lado, a análise microscópica revelou fragmentos de insetos em 60% das amostras analisadas, implicando na necessidade de maior controle de qualidade durante beneficiamento e processamento da erva-mate.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*. Qualidade nutricional. Sujidades.

Physico-chemical composition of mate, before and after simulation of mate

Abstract - The mate, product of infusion of the mate leaves as part of the diet and customs, mainly of the South Brazil consumers. That's because the drink features sensory individuals characteristics and benefit of their consumers health, such as anti-inflammatory properties, therapeutic, rheumatic, stimulant and diuretic, among others. Aiming to contribute information on the nutritional characteristics of mate, were performed physico-chemical analyzes on different product samples before and after the mate simulation. With the intention of check the physical safety of mate analyzed, there was also microscopic analysis of the natural samples. The results of mate after mate simulation showed that the proteins, minerals, lipids, sugars and caffeine contained in the product, could be ingested by consumers drink at rates ranging from 4.44% to 87.21% depending on the parameter measured. Moreover, microscopic analysis revealed fragments of insects in 60% of samples. Implying the need for better quality control during processing and beneficiation of mate.

Key words: *Ilex paraguariensis*. Quality nutritional. Soiling.

¹ Manuscrito recebido em 22/01/2014 e aceito para publicação em 15/10/2014.

² Mestrandas do Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Francisco Beltrão/PR. E-mails: deborafolhe@hotmail.com; janaina@trams.com.br.

³ Acadêmicos do Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Francisco Beltrão/PR. E-mails: caroldecarli_utfpralimentos@hotmail.com; barbarabonsaglia93@hotmail.com; jjr_silveira@hotmail.com.

⁴ Professora/Pesquisadora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Câmpus Francisco Beltrão/PR. E-mail: ivane@utfpr.edu.br.

Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é um importante produto no contexto econômico e cultural do Sul do Brasil (BENDLIN, 2003). Isso porque, o chimarrão, bebida oriunda da infusão de folhas secas e moídas da erva-mate, apresenta características sensoriais que conquistaram o paladar dos consumidores dessa região do país. O chimarrão é a forma mais difundida de consumo da erva-mate e, em média 30% da população da América do Sul, ingerem mais de 1 litro/dia desta bebida (NIETSCHE, 2002; MALHEIROS, 2007).

A erva-mate apresenta várias propriedades consideradas importantes do ponto de vista farmacológico e medicinal, dentre elas destacam-se a anti-inflamatória, a antioxidante, a antirreumática, anticarcinogênica, antimutagênica, estimulantes, diurética e terapêutica (ARÇARI et al., 2009; SANTÉ CANADA, 2010).

Na medicina popular, a erva-mate é utilizada e recomendada para artrite, dor de cabeça, constipação, reumatismo, hemorróidas, obesidade, fadiga, retenção de líquido, hipertensão, digestão lenta e desordens hepáticas (ANESINI et al., 2006).

Segundo Mejia et al. (2005), a folha da erva-mate possui também aminoácidos essenciais, vitaminas E, C e do complexo B, além de minerais como cálcio, potássio, magnésio e manganês.

A composição química da erva-mate fornece informações a respeito do potencial da planta como alimento e/ou na produção deste (ESMELINDRO et al., 2002). O produto é geralmente consumido na forma de infusão, *in natura* e deve ser livre da presença de matérias estranhas (BORGES et al., 2003), as quais caracterizam-se pela presença de tecidos deteriorados devido a causas parasíticas ou não parasíticas, miscelâneas (vidro, ferrugem) ou outras substâncias estranhas, as quais podem estar associadas às condições inadequadas de produção, estocagem ou distribuição (AOAC, 1997), sendo necessário, segundo Barbieri et al. (2001), o exame microscópico no produto.

As matérias estranhas e sujidades normalmente são visíveis a olho nu na matéria-prima, mas quando os alimentos passam por processos de trituração, estas são camufladas (MENDES, 2005). Por meio do exame microscópico, as matérias estranhas e sujidades, contaminação por roedores, insetos, pássaros e

condições higiênico-sanitárias inadequadas de manuseio, podem ser facilmente detectadas (AOAC, 1997; MENDES, 2005).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a composição físico-química da erva-mate (*I. paraguariensis* St. Hill), antes e após a infusão na forma de chimarrão, bem como identificar a presença de matérias estranhas ou sujidades.

Material e Métodos

Coletas das amostras: Cinco amostras de diferentes marcas de erva-mate comercial, safra 2012, comercializadas na região sudoeste do Paraná foram adquiridas em comércio varejista e acondicionadas em caixa térmica para transporte até o complexo de laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, onde foram avaliadas. Para conservar e manter a integridade das amostras, as mesmas foram mantidas sob refrigeração até o momento das análises.

Preparo das amostras: Para obtenção da porção de amostra a ser analisada utilizou-se a técnica de quarteamento. Para tal procedimento, a erva-mate foi distribuída em área quadrada, dividida em quatro partes iguais e de forma homogênea. Rejeitaram-se as porções contidas em dois quadrados opostos em uma das diagonais do quadrado. Juntaram-se as duas porções restantes e repetiu-se o processo até a obtenção de 2 Kg de amostra, quantidade necessária para a realização das análises. Uma porção de cada amostra foi analisada antes da infusão e outra utilizada para a simulação do preparo do chimarrão de acordo com procedimento utilizado por Meinhart et al. (2010). A simulação do chimarrão foi realizada, adicionando-se 50g de erva-mate (comercial) em 500 mL de água (70°C) em erlenmeyer por 5 minutos. Decorrido esse tempo, o material foi filtrado a vácuo e o resíduo sólido (erva-mate) retido no papel de filtro foram expostas a temperatura ambiente (20 - 25°C) em local seco por um período de dezoito horas. Todas as análises para ambas as amostras de erva-mate (submetida à simulação do chimarrão e não submetida à simulação) foram realizadas em triplicata.

Análises físico-químicas: foram realizadas análises físico-químicas para a determinação de umidade (estufa a 100-105°C, até a obtenção do peso constante), cinzas (Mufla a 700°C por

horas), proteínas (método Kjeldahl, realizado em três etapas: digestão, destilação e titulação), gorduras (realizado segundo o método de extração por Soxhlet - empregando éter de petróleo como solvente) glicose e sacarose (efetuando a titulação utilizando-se reagentes de Fehling), pH (método potenciométrico) de acordo com metodologias do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e cafeína (determinou-se por espectrofotômetro a 276nm), (VALDUGA, 1994).

Análise microscópica: as análises para detecção de material estranho e/ou sujidades foram realizadas segundo o método de flutuação para sujidades leves n. 981.18 descrito na AOAC (2005).

Análise estatística: para análise estatística dos resultados foi realizada análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade e teste Tukey de comparação de médias, através do software Estatística, versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

Resultados e Discussão

Os resultados das características físico-químicas da erva-mate antes e após a infusão simulando o chimarrão são apresentados na Tabela 1. As amostras de diferentes marcas de erva-mate foram codificadas e apresentadas pelas letras: A; B; C; D e E.

Os resultados são médias de triplicatas com as respectivas estimativas do desvio padrão. Valores na mesma linha seguidos de letras minúsculas iguais não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey (comparação entre as marcas de erva-mate avaliadas). Valores na mesma coluna seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem ($p > 0,05$) entre si pelo teste de Tukey (comparação entre os tratamentos - antes e após infusão da erva-mate).

Os teores de umidade (3,65 a 5,89%) para erva-mate natural encontraram-se dentro do limite estabelecido pela legislação (ANVISA, 2002). Baseando-se no que disseram Esmelindro et al. (2002), o fato de durante o beneficiamento da erva-mate a mesma ser submetida a secagem com temperaturas elevadas que variam de 90 a 350°C, pode também explicar o menor teor de umidade obtido para as amostras antes da simulação do chimarrão.

Ao estudar erva-mate (antes da infusão) de quatro diferentes estados brasileiros Beltrame et al. (2009) encontraram valores de umidade que variaram de 5,85 a 6,59%. Resultados similares

aos obtidos por Beltrame et al. (2009) foram verificados por Renovatto e Agostini (2008) em erva-mate comercializada em Dourados/MS, também antes da simulação do chimarrão (4,64 a 9,57%). De acordo com Beltrame et al. (2009), a diferença nos percentuais de umidade, nestes casos, pode estar relacionada com as condições de estocagem, umidade do ar e processo de beneficiamento.

Os teores de minerais fixos (cinzas) variaram de 5,01 a 6,10% para as amostras antes da infusão e de 0,77% a 0,88% para após a simulação do chimarrão. Renovatto e Agostini (2008) encontraram valores similares (5,31 a 6,38%) em amostras analisadas ao natural.

Os teores de proteínas (Tabela 1) encontrados nas amostras de erva-mate ao natural variaram de 8,48% (Marca – B) a 11,83% (Marca – E), enquanto que para as amostras submetidas à simulação do chimarrão os valores variaram de 3,85% (Marca – C) até 5,18% (Marca – D), com diferença significativa ($p < 0,05$) entre as formas de tratamento da erva-mate analisadas. Observa-se, também, a variação no percentual de proteína entre as diferentes marcas avaliadas, com valores que variaram de 8,48% (Marca – B) a 11,83% (Marca – E).

O teor de proteínas encontrado nas amostras de erva-mate estudadas por Santos (2004) foi de 9,25%. Efiging et al. (2009) encontraram valores de 2,08% em folhas de erva-mate secas. Os teores de proteínas observados nesse estudo encontraram-se coerentes aos valores obtidos pelos autores supracitados, porém, inferiores aos encontrados por Barboza (2006) em erva-mate Cancheada Nova (11,58%).

Os percentuais de lipídios apresentaram variação de valores, tanto entre as amostras avaliadas, quanto nas formas de análise da erva-mate. Para as amostras analisadas ao natural (antes da infusão) os teores de lipídios totais variaram de 5,28% (Marca – C) a 9,16% (Marca – A), enquanto que para as amostras avaliadas após a simulação da bebida os valores variaram de 4,77% (Marca – D), até 8,03% (Marca – A) (Tabela 1). Em estudos realizados por Esmelindro et al. (2002), Santos (2004), Barboza (2006) e Efiging et al. (2009) os percentuais observados foram respectivamente 6,76% (folhas de erva-mate analisadas em base seca), 4,33% (erva-mate de chimarrão), 3,21% (Erva-mate Cancheada Nova) e 10,91% (folhas de erva-mate avaliadas em base seca).

Os teores de glicose e sacarose encontrados nesse estudo variaram de 1,74 a 5,24% e 1,64 a

4,97%, respectivamente, para as amostras analisadas ao natural (antes da infusão). Para aquelas previamente submetidas à infusão os valores variaram de 0,63 a 3,85% (glicose) e 0,50 a 2,96% (sacarose).

A variação nos teores de glicose e sacarose observados para as diferentes marcas de erva-mate analisadas são decorrentes da adição de açúcar na fase de processamento deste produto. A adição de açúcar, segundo Melo (2010), ocorre por conta do sabor forte, e amargo de erva-mate somado à entrada da erva-mate da Argentina em grande quantidade, também de sabor forte, reduziu o preço da erva-mate brasileira, que forçou a adição de açúcar para suavizar o sabor do produto.

De acordo com Burgstaller (1994) o teor de sacarose mínimo é 3,6% e máximo de 6,9%, sendo que o teor de glicose deve estar entre 1,30 e 6,14% em base seca. Em consideração ao mencionado pelo autor citado, observa-se que algumas amostras submetidas à infusão não apresentaram o valor mínimo de glicose (Marca: A: 1,03; B: 1,17; D: 0,63; D: 1,13). Os baixos valores de glicose observados para a erva-mate após a simulação do chimarrão (0,63 a 3,85%) sugerem que o consumidor estaria ingerindo entre 1,11 e 1,39% de glicose para cada 100 mL da água do chimarrão. Em relação à sacarose somente a Marca – C (4,97%,) ao natural (antes da infusão), apresentou teor acima do mínimo indicado por Burgstaller (1994).

A cafeína é outro componente que apresentou redução nos valores quando comparados entre as amostras ao natural e às submetidas à infusão. Os teores de cafeína apresentaram variações de 0,82% (Marca – A) a 2,45% (Marca – C), enquanto que para as amostras submetidas ao processo de infusão os valores variaram de 0,17% (Marca – B) até 1,44% (Marca – C). De acordo com Gutkoski et al. (2001), poucos estudos foram desenvolvidos sobre a forma como a cafeína se acumula na folha, sua relação com a idade e época de colheita da folha. Porém, as variações observadas para os teores de cafeína, deste estudo, podem estar relacionadas às diferentes regiões de cultivo, à diferença de material genético e ao tipo de solo (CARDOZO JUNIOR, et al., 2014). Além disso, sendo um alcaloide, a cafeína pode variar com a idade da planta, sendo que quanto maior ela for menor será o conteúdo dessa substância (NORA, 2008).

A Tabela 2 mostra os percentuais de redução dos parâmetros físico-químicos analisados da

erva-mate ao natural e após infusão com água quente simulando chimarrão.

Observou-se uma redução entre 82,44% e 87,21% nos teores de cinzas após a infusão. Para Heinrichs e Malavolta (2001) muitos elementos (K, Ca, Mg) presentes na infusão da erva-mate são essenciais à saúde humana, podendo o consumo regular de chimarrão contribuir para suprir as necessidades desses elementos. Os autores relataram ainda que a redução da concentração de minerais na erva-mate após a infusão com água quente se dá devido alguns minerais como potássio, cálcio e magnésio serem facilmente solubilizados com água, o que pode justificar os resultados obtidos para a redução de cinzas observada na erva-mate após simulação do chimarrão.

Battestin et al. (2002) reforçam essa afirmação e acrescentam que a infusão da erva-mate pode ser fonte de minerais como potássio (importante para pessoas hipertensas), magnésio e cálcio (formação de ossos, dentes e tecidos).

O teor de proteínas apresentou redução após a infusão que variou na ordem de 53,48% (Marca – A), até 58,20% (Marca – C). Para as amostras *in natura*, o valor de proteínas variou de 8,48% a 11,83%, valores esses semelhantes aos encontrados por Barboza (2006) e Esmelindro et al. (2002), cujos percentuais foram de 11,59% e 14,49%, respectivamente. A diferença nos teores de proteínas para as amostras antes da infusão pode estar relacionada à desnaturação proteica possivelmente ocasionada pela utilização de elevadas temperaturas nos processos de sapeco e secagem da erva-mate (Esmelindro et al., 2002). Por outro lado, a redução de proteínas observada para a erva-mate após a simulação do chimarrão pode ser decorrente da adição de água quente utilizada para a infusão solubilizando parte do nitrogênio (N) presente nas estruturas protéicas (WANG et al., 2000).

A variação de redução no teor lipídico após infusão foi de 4,44% (Marca – C) a 16,11% (Marca – F). A determinação de lipídios nas amostras *in natura* variou 5,28% (Marca – D) a 9,16% (Marca – A). Esses valores são inferiores (10,91%) aos encontrados por Efig et al. (2009). Os lipídios presentes na erva-mate são constituídos por ácidos graxos poliinsaturados os quais apresentam diversos benefícios para a saúde humana (PERSSON; ULLER, 2010).

Assim como para proteínas e cinzas, comprovou-se que, embora em proporções menores, parte dos lipídios presentes na erva-

mate *in natura* também é ingerida pelos consumidores.

Os teores de glicose para as amostras analisadas ao natural apresentaram valores entre 1,74% e 5,24%, e para as amostras analisadas após infusão valores de 0,63% a 3,85%, o que representa uma redução com variações de 26,53% (Marca – C) a 63,79% (Marca – D).

Neste estudo, a redução nos percentuais de sacarose das amostras analisadas variou de 40,44% (Marca – C) a 69,51% (Marca – D). Para as amostras anteriormente à infusão os valores variaram de 1,64% a 4,97%, e após infusão a variação foi de 0,50% a 2,96%.

Com base em tais valores, pode-se inferir que parte da glicose e sacarose presentes na erva-mate analisada é ingerida pelos consumidores, sendo conveniente alertar aos diabéticos quanto à necessidade de controle do consumo do produto e análise de rotulagem para compra de erva-mate, a qual, segundo a RDC 277/2005 (ANVISA, 2005), deve especificar a adição de açúcar ao produto.

A cafeína apresentou percentuais com variações de 0,74% a 2,45% para amostras analisadas ao natural e 0,17% a 1,44% após a infusão. O percentual de redução no teor de cafeína observada nas amostras após infusão variou de 41,22% a 74,39%. Esmelindro et al. (2002) encontrou valores de cafeína em erva-mate processada que variou de 0,97 a 1,79%, valores esses semelhantes aos encontrados neste estudo. O consumo moderado de cafeína apresenta efeito benéfico ao organismo, pois de acordo com Mahoney et al. (2011) e Duncan e Oxford (2011), produz efeitos psicoestimulantes, atuando positivamente sobre o humor e, especificamente, no desempenho psicomotor.

As medidas de pH para as amostras analisadas *in natura* variaram de 5,79 a 5,89 apresentando características ácidas, ao passo que após o processo de infusão com água quente o pH variou de 7,08 a 7,18, atingindo a neutralidade.

O exame microscópico fornece informações das condições higiênicas de produção e dos ingredientes presentes no produto, podendo informar se a amostra é pura ou contém misturas, as quais podem ser de origem acidental (sujidade), ou intencional (fraude) (MENDES, 2005).

As matérias estranhas, de acordo com Barbieri et al. (2001) podem ser classificadas em pesadas e leves (fragmentos de insetos, insetos inteiros, pêlos de roedores, bárbulas de penas). Neste estudo, a análise microscópica das amostras

identificou sujidades leves, compostas basicamente de fragmentos de insetos, como mostra a Figura 01.

A Resolução RDC n. 175/2003 da ANVISA (2003) reconhece que, quando encontradas no alimento matérias macroscópicas e/ou microscópicas prejudiciais à saúde humana, o mesmo se encontra em desacordo com a legislação vigente, portanto impróprio para o consumo. Mendes et al. (2007) encontraram pelos de roedores em todas as amostras analisadas provenientes da região Norte de Santa Catarina, indicando desconformidade com a legislação por este tipo de sujidade apresentar risco à saúde do consumidor.

Neste estudo, das cinco amostras analisadas, três apresentaram sujidades identificadas como fragmentos de insetos, materiais que não reconhecidos pela legislação como prejudiciais à saúde humana, porém, que demonstrando falha no sistema de boas práticas de fabricação e armazenamento, uma vez que esse tipo de contaminação (MENDES et al., 2007) costuma ser decorrente do transporte, beneficiamento e armazenamento da erva-mate.

Conclusão

Os resultados físico-químicos demonstraram que após a infusão da erva-mate, parte dos seus componentes é ingerida pelo consumidor, implicando dizer que o hábito de consumir chimarrão pode proporcionar uma dieta apresentando quantidades de proteínas, lipídios, sais minerais, cafeína, sacarose e glicose. Entretanto, a análise microscópica mostrou que 60% das amostras analisadas apresentaram fragmentos de insetos, evidenciando a necessidade de um maior controle de qualidade durante as etapas do processamento e armazenamento da erva-mate.

Agradecimentos

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão pelo financiamento da pesquisa.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Regulamento técnico de avaliação de matérias macroscópicas e microscópicas prejudiciais à saúde humana em alimentos embalados. Resolução RDC n. 175, 08

- de julho de 2003. **Diário Oficial da União**, 09 de jul. 2003.
- _____. Regulamento técnico para café, cevada, chá, erva-mate e produtos solúveis. Resolução RDC n. 277, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, 23 de set. 2005.
- _____. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Erva-mate. Resolução RDC n. 303, de 07 de novembro de 2002. **Diário Oficial da União**, 08 nov. 2002.
- ARÇARI, D. P.; BARTCHEWSKY, W.; SANTOS, T. W. dos. et al. Antiobesity effects of yerba maté extract (*Ilex paraguariensis*) in high-fat diet-induced obese mice. **Obesity Journal**, v. 17, n. 12, p. 2127-2133, 2009.
- ANESINI, C.; FERRARO, G.; FILIP, R. Peroxidase-like activity of *Ilex paraguariensis*. **Food Chemistry, New York**, v. 97, n. 3, p. 459-464, 2006.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analyses**. Washington, D. C., 1997.
- _____. **Official methods of analysis**. Washington, D.C, 2005.
- BARBIERI, M. K.; ATHIÉ, I.; PAULA, D. C. de. et al. **Microscopia em alimentos**: identificação histológica e material estranho. Campinas: ITAL, 2001. 95 p.
- BARBOZA, L. M. V. **Desenvolvimento de bebida à base de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) adicionada de fibra alimentar**. Curitiba, 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná.
- BATTESTIN L.; TACLA, R. M. B.; TIBONI, E. B. et al. Análise de cálcio em diferentes tipos de bebidas. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 79-86, 2002.
- BELTRAME, J. M.; BRITO, T. O.; COTTICA, S. M. Caracterização química e físico-química do produto erva-mate: teores de umidade, cinzas, cafeína, glicose e sacarose. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE, Cascavel. **Anais...** Cascavel: UNIOESTE, 2009. p.7.
- BENDLIN, R. C. S. Secagem conectiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). UFSC, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- BORGES, L. R.; LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A. Análise de matérias estranhas em amostras de erva-mate, (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), provenientes de sistemas de cultivo nativo e adensado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 62, n. 2, p. 77-82, 2003.
- BURGSTALLER, J. A. **700 Hierbas Medicinales**. Buenos Aires: Edicial, 1994.
- CARDOZO JUNIOR, R. E. L.; DONADUZZI, C. M.; STURION, J. A. et al. **Variação no teor de cafeína em dezesseis progênes de erva Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em três municípios do Paraná**. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39821/1/variacao.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2014.
- DUNCAN, M. J.; OXFORD, S. W. The effects of caffeine ingestion on mood state and bench press performance to failure. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 25, n. 1, p. 178-185, jan. 2011.
- EFING, L. C.; CALIARI, T. K.; NAKASHIMA, T. et al. Caracterização química e capacidade antioxidante da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 241-246, 2009.
- ESMELINDRO, M. C.; TONIAZZO, G.; WACZUK, A. Caracterização físico-química da erva mate: influência das etapas do processamento industrial. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 199-204, 2002.
- GUTKOSKI, L. C.; SCHULZ, J. G.; SAMPAIO, M. B. et al. Avaliação de parâmetros físicos e químicos de marcas de erva-mate processadas em diferentes épocas. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 95-104, jan./jun. 2001.
- HEINRICH, R.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do produto comercial da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p. 781-785, 2001.

- MAHONEY, C. R.; BRUNYÉ, T. T.; GILES, G. et al. Caffeine-induced physiological arousal accentuates global processing biases. **Pharmacology, Biochemistry and Behavior**, Phoenix, v. 99, p. 59-65, apr. 2011.
- MALHEIROS, G. C. **Estudo s alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenagem de erva-mate tipo chimarrão**. UFSM, 2007. 103f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- MEINHART, A. D.; BIZZOTTO, C. S.; BALLUS, C. A. et al. Methylxanthines and phenolics content extracted during the consumption of mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) beverages. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Kansas, v. 58, n. 4, p. 2188-2193, 2010.
- MEJIA, E. G.; RAMIREZ-MARES, M. V.; SONG, Y. S. et al. Effect of yerba (*Ilex paraguariensis*) tea on topoisomerase inhibition and oral carcinoma cell proliferation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Kansas, v. 53, n. 6, p. 1966-1973, 2005.
- MELO, I. B. **Mapeamento da cadeia produtiva da erva-mate no município de Machadinho: desafios e propostas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão do Agronegócio). Universidade de Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2010. 48 p.
- MENDES, R. M. O. **Caracterização e avaliação da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), beneficiada no estado de Santa Catarina**. UFSC, 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- MENDES, R. M. O.; QUADRI, M. B.; QUADRI, M. G. N. Matérias estranhas em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) beneficiada no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 2, p. 103-107, 2007.
- NIETSCHKE, K.; CANÇADO, R. A.; KOHLER, R. G.; et al. Análise sensorial de chimarrão pelo método de estimativa de magnitude. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE ERVA-MATE, 2., Encantado, RS. **Anais...** Encantado, 2002. p.169-170.
- NORA, C. L. **Erva-mate**. UFPel, 2008. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas, 2008.
- PERSSON, C. G.; ULLER, L. Resolution of cell-mediated airways diseases. **Respiratory Research**, London , v. 11, n. 75, p. 24-32, 2010.
- RENOVATTO, Y. P.; AGOSTINI, J. Qualidade microbiológica e físico-química de amostras de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) comercializadas em Dourados, MS. **Interbio**, São Carlos, v. 2 n. 2, p. 12-20, 2008.
- STATSOFT INC. **Statistica data analysis system version 7.0**. Tulsa, 2004.
- SANTOS, K. A. **Estabilidade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em embalagens plásticas**. UFPR, 2004. 127 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- VALDUGA, E. **Caracterização química e anatômica da folha de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) e de espécies utilizadas na adulteração do mate**. UFPR, 1994. 119 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) – Universidade Federal do Paraná, 1994.
- WANG, S. H.; FERNANDES, S. M.; CABRAL, L. C. Solubilidade de nitrogênio, dispersibilidade de proteína e propriedades emulsificantes dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p.12-17, 2000.

Tabela 1 - Caracterização físico-química de erva-mate antes e após simulação de preparo do chimarrão.

Parâmetros (%)	Erva-mate antes da infusão				
	Marca - A	Marca - B	Marca - C	Marca - D	Marca - E
Umidade	3,65±0,07aA	5,89±0,04bA	4,03±0,05cA	3,98±0,02cA	5,36±0,08dA
Cinzas	5,92±0,09aA	5,21±0,08Ba	5,01±0,07bA	5,62±0,02cA	6,10±0,02aA
Proteínas	9,33±0,07aA	8,48±0,02bA	9,21±0,08Aa	11,22±0,07cA	11,83±0,05dA
Lipídios	9,16±0,03aA	8,21±0,02Ba	5,86±0,05caA	5,28±0,02dA	6,02±0,08cA
Glicose	2,66±0,04aA	2,81±0,09Aa	5,24±0,05bA	1,74±0,02cA	2,74±0,05aA
Sacarose	2,31±0,02aA	2,54±0,04bA	4,97±0,01cA	1,64±0,01dA	2,44±0,01eA
Cafeína	0,82±0,05aA	0,74±0,09Aa	2,45±0,06bA	1,25±0,06cA	1,92±0,07dA
pH	5,80±0,03abA	5,89±0,02Ba	5,79±0,03aA	5,87±0,01aB	5,86±0,01abA
Parâmetros (%)	Erva-mate após infusão				
	Marca - A	Marca - B	Marca - C	Marca - D	Marca - E
Umidade	26,34±0,02aB	25,12±0,02Bb	27,03 ±0,02cB	26,23±0,02dB	25,82±0,02eB
Cinzas	0,85±0,01abB	0,77±0,03Ab	0,88±0,02bA	0,83±0,04abB	0,78±0,01aB
Proteínas	4,34±0,05aB	3,92±0,07bB	3,85±0,02bA	5,18±0,05cB	5,04±0,04cB
Lipídios	8,03±0,09aB	7,55±0,05Bb	5,60±0,05cB	4,77±0,09dB	5,05±0,07eB
Glicose	1,03±0,02aB	1,17±0,01Bb	3,85±0,02cB	0,63±0,01dB	1,13±0,02bB
Sacarose	0,86±0,02aB	0,93±0,02bB	2,96±0,01cB	0,50±0,01dB	0,89±0,01abB
Cafeína	0,21±0,00aB	0,17±0,00Bb	1,44±0,01cB	0,46±0,00dB	0,90±0,01eB
pH	7,15±0,02acB	7,08±0,03Bb	7,09±0,01abB	7,13±0,01abcB	7,18±0,02cB

Tabela 2 - Redução dos percentuais dos parâmetros físico-químicos da erva-mate após infusão com água quente.

Parâmetros (%)	AMOSTRAS DE ERVA-MATE				
	Marca - A	Marca - B	Marca - C	Marca - D	Marca - E
Cinzas	85,64	85,22	82,44	85,23	87,21
Proteínas	53,48	53,77	58,20	53,83	57,40
Lipídios	12,34	8,04	4,44	9,66	16,11
Glicose	61,28	58,36	26,53	63,79	58,76
Sacarose	62,77	63,39	40,44	69,51	63,52
Cafeína	74,39	77,03	41,22	63,20	53,13

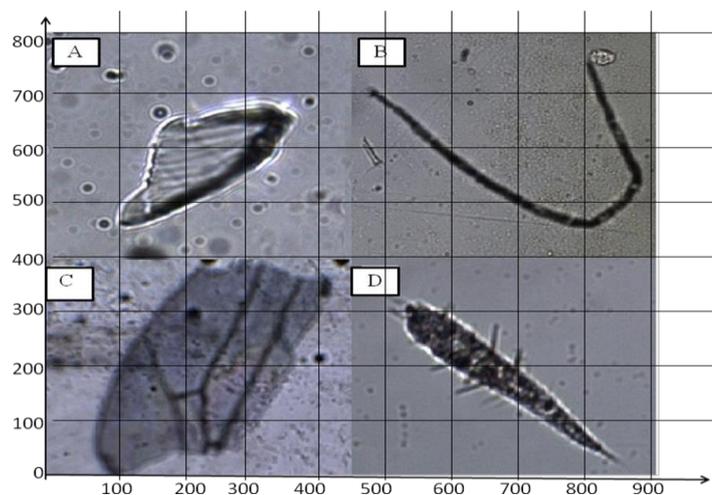


Figura 1 - Sujidades leves identificadas em amostras de erva-mate beneficiada, observadas ao microscópio (aumento 20x). As Figuras 1A e 1C: Fragmento de asa de inseto; A Figura 1B: Antena de inseto; Figura 1D: Fragmento de tronco de inseto.

Caracterização físico-química de pêsegos cultivar Eldorado produzido em diferentes sistemas de condução na região de Pelotas, Rio Grande do Sul¹

Vagner Brasil Costa², José Carlos Fachinello³

Resumo - As regiões mais importantes de produção de pêsego no Rio Grande do Sul são: Região Sul, Metropolitana e Encosta da Serra do Nordeste. O trabalho objetivou a caracterização físico-química de pêsegos 'Eldorado' produzidos em diferentes sistemas de condução das plantas. O experimento foi realizado em pomar experimental do Centro Agropecuário da Palma e nas dependências do Departamento de Fitotecnia (FAEM/UFPel), na safra de 2006/2007. Foi utilizado pomar implantado no ano de 2000, com três sistemas de condução, Líder Central Ypsilon e Vaso, com espaçamento 1,5 (entre plantas) X 5,0m (entre filas). Para as avaliações, foram selecionados cinco plantas de cada sistema de condução e coletou-se 15 frutas de cada planta. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3 X 5. As avaliações realizadas foram: sólidos solúveis totais (SST), peso médio das frutas, estimativa de produção por hectare, firmeza de polpa, porcentagem de frutas de primeira categoria, coloração, acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT, Vitamina C ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$), antioxidantes ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ác. ascórbico) e compostos fenólicos ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ac. gálico). Conclui-se que pêsegos da cv Eldorado conduzidas no sistema em Líder Central apresentaram maiores teores de Vitamina C, enquanto que nos sistemas Vaso e Ypsilon, as frutas obtiveram maiores teores de Compostos Fenólicos.

Palavras-chave: Composto fenólico. Vitamina C. Firmeza de polpa. Antioxidante. Fruticultura

Physico-chemical characterization of peach 'Eldorado' produced in different systems of driving in the region of Pelotas, Rio Grande do Sul

Abstract -The most important peach production regions in Rio Grande do Sul are: Pelotas, Porto Alegre County and Serra Gaúcha. The study aimed to physicochemical characterization of cv. "Eldorado" peaches produced in different conduction systems of plants. The experiment was done in the experimental orchard of the Agricultural Center of Palma (FAEM/UFPel) in the crop year of 2006/2007. It was used orchard planted in 2000, with three conduction systems, Central Leader (CL), Ypsilon (Y) and Vase, with 1.5m spacing (between plants) X 5.0m (between rows). For the evaluations, it was selected five plants from each conduction system, and taken 15 fruits from each plant. The experimental design used was completely randomized with a factorial of 3 X 5. The taken measurements were: total soluble solids (TSS), average fruit weight, estimated production per hectare, pulp firmness, first category fruit percentage, color, titratable acidity (TA), the relation of TSS/TA, Vitamin C ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$), antioxidants ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ascorbic acid) and phenolic compounds ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$. gallic acid). We conclude that peaches from plants conducted in the Central Leader system showed levels of vitamin C, while in the Vase and Ypsilon systems, the fruit had higher levels of phenolic compounds.

Key words: Phenolic compounds. Vitamin C. Pulp firmness. Antioxidants. Fruit growing

¹ Manuscrito recebido em 17/02/2014 e aceito para publicação em 22/10/2014.

² Eng^o Agr., Enólogo, Prof. Dr. UNIPAMPA-Dom Pedrito. Rua Duque de Caxias, 420, Dom Pedrito/RS, CEP 96450-000. E-mail: vagnercosta@unipampa.edu.br;

³ Eng^o Agr., Prof. Dr. FAEM/UFPel, Av. Eliseu Maciel S/N, Pelotas/RS, CEP 96001970
Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 16-24, 2014.

Introdução

A produção mundial de pêssegos (*Prunus pérsica* var. *vulgaris*) e de nectarinas (*Prunus persica* var. *nucipersica*) aumentou 4,4% ao ano na última década, atingindo 17,4 milhões de toneladas em 1,5 milhões de hectares, cultivados no ano de 2008. O Brasil ocupa a décima segunda posição quando se fala em produção mundial, produzindo 238,5 mil toneladas em uma área de 24,2 mil hectares (FAO, 2014).

No ano de 2011, o Rio Grande do Sul foi o estado com maior produção (129.295 toneladas), seguido por São Paulo (33.895 toneladas), Santa Catarina (22.219 toneladas) e Minas Gerais com 24.402 toneladas (IBGE, 2014).

As regiões mais importantes de produção do fruto no Estado do Rio Grande do Sul são: Região Sul, Metropolitana de Porto Alegre e a Encosta Superior da Serra do Nordeste. Os municípios que apresentam produção superior a 10.000 toneladas são: Pelotas, Canguçu e Bento Gonçalves. Esses municípios contribuem com 34,5% da produção total do Estado (IBGE, 2014).

A cv. Eldorado foi selecionada dentre a progênie de um cruzamento entre as cultivares Gaudério e Serrano (NAKASU et al., 1989) sendo uma planta vigorosa, ramifica com bastante intensidade a fechar seu centro. É moderadamente suscetível à bacteriose e à podridão-parda. Sua necessidade de frio é de 300 horas. Sua frutificação efetiva é muito boa. Nas condições de Pelotas, pode produzir de 30 a 60 kg por planta, dependendo do ano e dos tratamentos culturais. Os frutos são de tamanho grande, com peso médio em torno de 120 g e forma redondo-cônica, com sutura levemente desenvolvida. A película é amarela, com até 30% de vermelho, a polpa é amarela, firme e aderente ao caroço. O sabor é doce-ácido, com 15° a 17° Brix. A colheita inicia-se nos últimos dias de dezembro (RASEIRA et al. 1998).

Um fator de extrema importância na persicultura, relaciona-se com o sistema de condução da planta. As plantas devem ser conduzidas com o objetivo de obter uma copa uniforme e de fácil manejo, de modo a alcançar o equilíbrio entre a atividade vegetativa e produtiva, visando à produção regular, boa circulação e penetração de ar, da radiação solar e dos tratamentos fitossanitários.

No sul do Brasil, o sistema de condução comumente utilizado é o “vaso aberto” e mais,

recentemente, um método alternativo de maior densidade de plantas/hectare, como o sistema de condução em “Ypsilon” (Y), onde as plantas são conduzidas com dois ramos principais. O plantio e condução das plantas em “Y”, facilita os tratamentos culturais e a penetração de luz na planta. Outra possibilidade de condução de pessegueiros, é o sistema em “líder-central”, onde a planta é conduzida com ramos bem distribuídos em torno do líder, porém, este sistema tem encontrado poucos adeptos, por apresentar problemas com manejo de poda.

O consumidor brasileiro de frutas aponta a aparência do fruto como a característica mais relevante no momento da compra, embora a renda e o preço também afetem o consumo (TEIXEIRA et al., 2006). A qualidade não é um atributo único bem definido, e sim, um conjunto de muitas propriedades ou características peculiares de cada produto hortícola. Englobam propriedades sensoriais, valor nutritivo e multifuncional decorrentes dos componentes químicos, propriedades mecânicas, bem como a ausência ou presença de defeitos do produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Diante do exposto, objetivou-se através deste trabalho verificar a existência de diferenças na composição físico-química dos pêssegos cv. Eldorado produzidos em diferentes sistemas de condução das plantas.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Centro Agropecuário da Palma e nas dependências do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, pertencentes à Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil, que está localizado numa latitude de 31° 52' S, longitude 52° 21' W e altitude de 93,5 metros. O solo é classificado como podzólico vermelho-amarelo. De acordo com a classificação de Köppen (1931), o clima local é da categoria C e subtipo Cfa (temperado úmido com verões quentes).

O experimento foi realizado na safra agrícola de 2006/2007 no ciclo vegetativo das plantas, manteve-se uma cobertura vegetal com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) durante o inverno, que foi eliminada com aplicação de herbicida dessecante na linha, e acamada na entre linhas (início de floração da aveia). Foi realizado raleio quando as frutas estavam com um tamanho de 1,5 cm de diâmetro, e também poda verde no início

de novembro, um mês antes da data prevista para colheita, retirando-se os ramos ladrões e os ramos mal localizados, facilitando a interceptação solar e aeração no interior das plantas. O manejo de solo e os tratos culturais realizados nos experimentos foram os preconizados pelas Normas Técnicas da Produção Integrada de Pêssegos (PIP) (Fachinello et al., 2003).

Para o desenvolvimento do experimento foi utilizado pomar da cultivar Eldorado, implantado no ano de 2000, com três sistemas de condução, Líder Central (LC), Ypsilon (Y) e Vaso, com espaçamento 1,5 (entre plantas) X 5,0 m (entre filas), totalizando 1333 plantas por hectare. Para as avaliações foram selecionadas cinco plantas de cada sistema de condução, e retirou-se 15 frutas de cada uma das plantas em uma única data, dos quatro quadrantes das plantas e com a mesma uniformidade de maturação visual, totalizando 75 frutas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com um esquema fatorial 3 X 5, onde três são os sistemas de condução (Líder, Vaso e Ypsilon) e 5, o número de plantas.

Os frutos coletados foram submetidos a testes a fim de avaliar a qualidade, realizando análises de: sólidos solúveis totais (SST) através do método refratométrico, segundo metodologia das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985); peso médio das frutas, determinado através de uma balança digital, considerando o peso total das frutas dividido por 15 frutas; estimativa de produção por hectare, obtida pela multiplicação da produção por planta pelo número de plantas em um hectare, considerando espaçamento de 1,5 x 5 m (1333 plantas/hectare); firmeza de polpa, através de medida direta com penetrômetro de mão da marca Fruit Pressure Tester modelo FT 327, com ponteira de 8 mm, sendo a medida realizada na região equatorial da fruta, em duas faces opostas, depois de retirada a epiderme; porcentagem de frutas de primeira categoria, determinada pelo calibre através de uma régua, com orifícios do tamanho correspondente a cada uma das três categorias: TIPO I ou de primeira, com diâmetro superior a 57 mm, TIPO II ou de segunda com diâmetro entre 57 e 47 mm e TIPO III ou de terceira, com diâmetro inferior a 47 mm, classificação utilizada pela indústria conserveira; coloração da epiderme, utilizando-se um colorímetro eletrônico usando iluminante D65; acidez total titulável (ATT), determinada de acordo com o método descrito nas Normas Analíticas do

Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 16-24, 2014.

Instituto Adolfo Lutz (1985); relação SST/ATT, determinada pela razão entre SST/ATT; Vitamina C ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$), segundo a técnica citada pelas normas do Instituto Adolfo Lutz (1985); teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico desenvolvido por Folin-Ciocalteu (SINGLETON e ROSSI, 1965); e o Potencial antioxidante ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ác. Ascórbico), foi calculado pelo método DPPH 517 nm, adaptado de Brand-Williams et al. (1995). O cálculo foi feito através da fórmula: $\Delta\text{DPPH} = \text{ADPPH}_d - [A_{580}] \text{ sample}$.

Para todas as variáveis avaliadas foi procedida a análise de modelos lineares, seguida de comparações de média pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro. Todas as análises foram processadas pelo Winstat - Sistema de Análise Estatística para Windows - Versão Beta 3 (MACHADO et al., 2003).

Resultados e Discussão

A produtividade estimada, da cv. Eldorado no sistema em Vaso foi de $11,8 \text{ ton ha}^{-1}$, diferindo dos demais sistemas de condução das plantas. Em relação ao peso médio de frutas, não houve diferença significativa entre os sistemas de condução (Figura 1).

GIACOBBO et al. (2005), avaliaram os diferentes sistemas de condução para a 'Eldorado' na metade sul do estado do Rio Grande do Sul, e obtiveram resultados semelhantes de produtividade, sendo o sistema em Vaso Modificado foi o que atingiu a maior produção por hectare, seguido do sistema em Líder e com a menor produção o sistema em Ypsilon.

Analisando-se os valores de SST e firmeza de polpa (Tabela 1), verifica-se que para SST não houve diferença significativa entre os sistemas de condução avaliados, contrariando Caruso et al. (1998), que observaram que os sólidos solúveis totais das frutas foi menor no Ypsilon em relação ao Líder Central, com diferença significativa entre os tratamentos, o que não aconteceu neste experimento. A ocorrência pode ter se dado, devido à diferença entre as cultivares estudadas, já que o enfoque se dirigiu às cultivares Flavorcrest e Redhaven. A variável firmeza de polpa também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

Giacobbo et al. (2003), observaram que a cultivar Chiripá não apresentou diferença para firmeza de polpa em diferentes sistemas de

condução. Segundo Bargioni et al. (1985), estudando durante dez anos diferentes sistemas de condução em pessegueiros, relataram que mesmo nos sistemas que apresentaram maior produtividade, a qualidade e o diâmetro de frutas somente diferiu a partir do quinto ano de produção. Antunes (2002), ressalta que a firmeza de polpa das frutas colhidas influencia na vida de prateleira, haja vista que esses podem ser facilmente danificados no manuseio facilitando a infecção por patógenos. De acordo com Crisosto et al. (1997), a diminuição da firmeza pode ser atribuída à perda excessiva de água dos tecidos, com a diminuição da pressão de turgescência, que ocorre em situações de armazenamento em baixa umidade relativa do ar, com o desequilíbrio nutricional e também decorrente da ação enzimática sobre substâncias pécticas da parede celular.

Ainda na Tabela 1, verifica-se que não houve diferença significativa entre os sistemas de condução para as variáveis acidez e relação SST/ATT, estando tais resultados de acordo com Rufato (2004), que também não observou diferença estatística para acidez e relação SST/ATT entre os sistemas de condução Ypsilon e Líder, com diferentes coberturas vegetais para pêssegos 'Maciel' no município de Pelotas. Na Tabela 2 observam-se as médias para luminosidade e cor de superfície nos diferentes sistemas de condução a cultivar estudada, não havendo diferença significativa entre os tratamentos.

Marini (1985), ao utilizar poda verde em pessegueiro 'Loring', não observou diferenças significativas para coloração vermelha nas frutas. Já Miler (1987), trabalhando com a mesma cultivar, observou um aumento no uso de coloração com o uso da poda verde.

Para a variável cor de fundo (Tabela 2), observa-se que, o sistema em Líder e Ypsilon foram os que apresentaram melhores resultados não diferindo entre si, e o sistema de condução em Vaso obteve os piores resultados diferindo do sistema em Líder. A mudança da cor de fundo em pêssegos e nectarinas deve-se à degradação das clorofilas por clorofilases que, segundo Luchsinger e Walsh (1993), são estimuladas pela ação do etileno.

Os pigmentos que conferem a coloração dependem das características intrínsecas da cultivar, das condições ambientais e de cultivo, como luminosidade no interior da copa das plantas, poda, raleio, porta-enxerto, densidade de

plântio e manejo do solo (BYRNE et al., 1991; CRISOSTO et al., 1997). Este resultado se deve à influência direta que a forma de condução das plantas exerce sobre a qualidade das frutas, devido à melhor luminosidade e ao arejamento no seu interior, onde o sistema em Vaso acaba deixando as frutas mais sombreadas devido a maior número de ramos deixados na planta. Todos esses fatores têm uma contribuição relativa na intensidade da coloração e no conjunto dos demais aspectos que determinam a qualidade, a preferência e o comportamento pós-colheita dos pêssegos. Em relação a variável tonalidade de cor, a cultivar em estudo não apresentou diferença significativa entre os sistemas (Tabela 2).

O teor de antioxidantes não apresentou diferença significativa entre os sistemas de condução, no entanto, para a quantidade de compostos fenólicos totais, os sistemas em Ypsilon e Vaso apresentaram maiores valores, onde ambos diferiram do sistema em Líder (Tabela 3).

Segundo Cantillano (1998), a variação no conteúdo dos compostos fenólicos na polpa das frutas se deve à deterioração do tecido e perda da estrutura da membrana celular. Espin et al. (1997) relacionam o escurecimento interno com a quantidade de compostos fenólicos presentes na fruta e do nível da atividade da enzima polifenoloxidase. De acordo com Crisosto et al. (1997), a incidência de escurecimento interno depende de fatores como época de colheita, condições de armazenagem, cultivar e práticas culturais, irrigação e manejo do solo e da planta.

O potencial dessas fisiopatias depende da quantidade de compostos fenólicos e do nível de atividade da enzima PPO, a qual catalisa o escurecimento enzimático na polpa das frutas (SIDDIQ et al., 1992). Na presença de oxigênio, a polifenoloxidase catalisa a oxidação de compostos fenólicos (OOGAKI et al., 1990). Em frutas de caroço como o pêssego, a atividade dessa enzima se encontra no momento da colheita e também durante a maturação em temperaturas ambientes. Segundo Robertson et al. (1988), pêssegos de baixa qualidade possuem altos conteúdos de compostos fenólicos e de alta qualidade possuem valores mais baixos. Em experimento com pêssegos, Chang et al. (2000) observaram que as cascas do pêssego contiveram 2-2.5 vezes a concentração de compostos fenólicos totais em comparação à polpa. Vera Lima et al. (2002), ao compararem os teores de

fenólicos totais em pitangas roxas e vermelhas no mesmo estágio de maturação, observaram que esses fitoquímicos encontram-se em concentrações diferenciadas, onde na pitanga roxa madura o teor de compostos fenólicos totais foi maior do que na vermelha com mesmo estágio de maturação. As condições climáticas, de manejo dos pomares e de colheita também interferem na síntese e acúmulo desses compostos.

Para variável vitamina C (mg g^{-1}), observa-se na Tabela 3, que o sistema em Líder foi o que apresentou teor mais elevado, diferindo dos demais sistemas de condução. Este maior teor de vitamina C no sistema em Líder, pode estar relacionada à taxa fotossintética, onde em plantas com maior luminosidade o teor de ácido ascórbico é maior (sistemas em Líder e Ypsilon possui maior luminosidade), ou devido a menor firmeza de polpa que o sistema de condução em Líder apresentou em relação aos demais sistemas de condução, pois com a degradação das pectinas, ocorre a síntese do ácido galacturônico, que se transforma em ácido ascórbico. Tudo isso ocorre, como um fator de defesa para a fruta.

As variações nos teores de vitamina C podem estar relacionadas às variações botânicas, ambientes de produção e estádios de maturação do fruto no período da colheita. Cardello e Cardello (1998), salientam que a determinação do conteúdo de ácido ascórbico em vegetais é importante, pois, sendo a vitamina mais termolábil, sua presença no alimento indica que provavelmente os demais nutrientes também estão sendo preservados.

Diversos autores estão estudando a redução do escurecimento enzimático, combinando vários ácidos e outros componentes, dentre eles o ácido ascórbico (DONG et al., 2001). Buta e Abbot (2000) conseguiram reduzir o escurecimento em peras das variedades Bartlett, Anjou e Bosc combinando ácido isoascórbico, N-acetilcisteína, sorbato potássico e 4-hexilresorcinol. Em trabalho com maçã, Son et al. (2001), conseguiram diminuir a atividade enzimática mediante o uso de ácido oxálico a baixas concentrações junto com ácido eritórbico, ascórbico ou cítrico.

Decréscimos nos teores de vitamina C, como o avanço da maturação, foram observados por Azzolini et al. (2004), em goiaba; Eversen (1983) em melancias, Eliza Lima et al. (2002) em umbu-cajazeira; Martins (2000) em ciriguela; Santos et al. (1999) em acerola e Santos (2001) em

pitangas. Esse declínio nos teores de vitamina C pode ser devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase, que apresenta maior atividade nos frutos maduros que nos verdes, explicando perdas no final do amadurecimento e início da senescência do fruto (Azzolini et al., 2004). De acordo com Tomé (2002) o principal mecanismo que causa perda de vitamina C em alimentos é iniciado pela oxidação do ácido L-ascórbico pelo oxigênio (O_2), catalizada por íons Fe (III) e Cu (II), cujo produto resultante é o ácido dehidroascórbico, que retém o potencial vitamínico. O teor de vitamina C em pêssegos é muito baixo comparado com outras frutas como a mangaba, citros entre outros.

Essas diferenças podem ser explicadas com base na afirmação de Duckwort citado por Macedo et al. (1995), que os frutos são constituídos de tecidos metabolicamente ativos, e como tais, sofrem modificações rápidas e contínuas em sua composição química dependendo de sua fisiologia e estágio de maturação, além das variações inerentes as estruturas biológicas, entre outras.

Conclusões

De posse dos resultados, conclui-se que pêssegos da cv Eldorado produzidos no sistema em Vaso e Ypsilon possuem teores de compostos fenólicos superiores ao de frutas produzidas no sistema em Líder Central, enquanto que, o sistema de Líder Central produz frutas com maior teor de Vitamina C.

Referências

- ANTUNES, L. E. C. Amora-preta: nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 151-158, 2002.
- AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, H. U. Índices para avaliar pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p.139-145, 2004.
- BARGIONI, G.; LORETI, F.; PISANI, P. L. Ten years of research on peach and nectarine in a high density system in the Verona area. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 173, p. 229-309, 1985.

- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. The phenolic constituents of *Prunus domestica* I: the quantitative analysis of phenolic constituents. **Lebensm Wiss Technology**, Oxford, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BUTA, J. G.; ABBOTT, J. Browning inhibition of three cultivars of fresh-cut pears. **HortScience**, v. 35, p. 1111-1113, 2000.
- BYRNE, D. H.; NIKOLIC, A. N.; BURNS, E. E. Variability in sugars, acids, firmness, and color characteristics of peach genotypes. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 116, p.1004-1006, 1991.
- CANTILLANO, R. F. F. **Estudio del efecto de las atmosferas modificadas durante el almacenamiento y comercializacion de algunas frutas y hortalizas**. 1998. 276 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidad Politécnica de Valencia.
- CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante o amadurecimento. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 211-217, 1998.
- CARUSO, T. et al. Crop load and fruit quality distribution within canopy of ‘Spring Lady’ peach trees trained to ‘Central Leader’ and ‘Y Shape’. In: INTERNATIONAL PEACH SYMPOSIUM, 4., 1998, Bordeaux. **Proceedings...** Belgium: ISHS, 1998. p. 621-625.
- CHANG, S.; TAN, C.; FRANKEL, E. N. et al. Low-density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenols oxidase activity in selected clingstone peach cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p.147, 2000.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortalizas: Fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- DONG, L.; ZHOU, H.; SONEGO, L. et al. Ethylene involvement in the cold storage disorder of ‘Flavortop’ nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p.105-115, 2001.
- ESPIN, J. C.; MORALES, M.; VÀRON, R. et al. Monophenolase activity of polyphenol oxidase from Blanquilla pear. **Phytochemistry**, v. 44, n. 1, p. 17-22, 1997.
- EVERSEN, K. B. Effects of maturity at harvest, storage temperature, and cultivar on muskmelon quality. **HortScience**, Alexandria, v. 18, n. 6, p. 907-908, 1983.
- FACHINELLO, J. C. et al. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de pêssego**. Pelotas: UFPel, 2003. 91 p. (Documentos, 1).
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Base de dados estatísticos- Faostat Agriculture. Disponível em: <<http://www.fao.org.br>> . Acesso em: 21 out. 2014.
- GIACOBBO, C. L.; FARIA, J. L. C.; CONTO, O. D. Comportamento do pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch) cv. chimarrita em diferentes sistemas de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 242-244, 2003.
- _____.; PICOLOTTO, L.; ZUCHI, J. et al. Avaliação de sistemas de condução em pessegueiro (*Prunus persica* L. BATSCH), cv Eldorado, na região de Pelotas/RS. In: CONGRESO Uruguayo de Hortifruticultura, 10., 2005, Montevideo. **Resúmenes ...** Montevideo, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. v.1, 3.ed. São Paulo, 1985. 533 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA (IBGE). Censo agropecuário. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=p&o=23>. Acesso em: 21 out. 2014.
- LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L. et al. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira**

- de **Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.
- LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em Pitanga. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.
- LUCHSINGER, L. E.; WALSH, C. S. Changes in ethylene rate and ground color in peaches (cv. Redhaven and Marqueen) and nectarines (cv. Fantasia) during maturation and ripening. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 343, p.70-72, 1993.
- MACEDO, B. A. et al. Características químicas e físico-químicas de quatro variedades de goiaba adaptadas a condições do Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 17, n. 2, p. 39- 44, ago. 1995.
- MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Sistema de análise estatística para Windows**. Winstat. Versão 2.0. UFPel, 2003.
- MARINI, P. M. Vegetative growth, yeld and fruit quality of peach as influenced by dormant pruning, summer pruning and summer topping. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, n. 2, p. 133-139, 1985.
- MARTINS, L. P. **Fisiologia da maturação, amadurecimento e armazenamento pós-colheita de ciriguela (*Spondias purpurea* L.)**. 2000. 120 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal: Agricultura Tropical) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB.
- NAKASU, B. H.; RASEIRA, M. do C. B.; VENDRUSCOLO, J. L. S. 'Eldorado', um pêssego com dupla finalidade. **HortiSul**, Pelotas, v. 1, 1989, p. 18-20.
- OOGAKI, C.; WANG, H. G.; GEMMA, H. Physiological and biochemical characteristics and keeping qualities of temperate fruits during chilled storage. **Acta Horticulturae**, v. 279, p. 541-558, 1990.
- RASEIRA, M. D. B.; NAKASU, B. H. Cultivares: descrição e recomendação. In: RASEIRA, M. C. B; MEDEIROS, C. A. B. A **cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa, 1998. p. 29-97.
- ROBERTSON, J. A.; MEREDITH, F. I. Physical, chemical and sensory evaluation of “Flordaking” peaches stored under different conditions. **Proceedings of Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v. 101, p. 272-275, 1988.
- RUFATO, L. **Indicadores da qualidade biológica do solo e coberturas vegetais para a cultura do pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch)**. 2004. 101 f. Tese (Doutorado em Fruticultura de Clima Temperado). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. UFPel, Pelotas, 2004.
- SANTOS, A. R. L.; REINHARDT, D. H.; SILVEIRA, W.R. et al. Qualidade pós-colheita de acerola para processamento, em função de estádios de maturação e condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 365-371, 1999.
- SANTOS, A. F. **Fisiologia do crescimento, desenvolvimento e armazenamento pós-colheita de pitangas (*Eugenia uniflora* L.)**. 2001.127 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal: Agricultura Tropical) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB.
- SIDDIQ, M.; SINHA, N. K.; CASH, J. N. Characterization of polyphenoloxidase from “Stanley” plums. **Journal Food Science**, Chicago, v. 57, n. 5, p. 1177-1179, 1992.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetric of total phenols with phosphoromolybdic-phosphotugstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 20, n. 3, p. 144-158, 1965.
- SON, S. M.; MOON, K. D.; LEE, C. Y. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. **Food Chemistry**, v. 73, p. 23-30, 2001.
- TEIXEIRA, L. J. Q.; PEREIRA, J. M. de A. T. K.; SILVA, N. M. et al. Hábitos de consumo de frutas entre estudantes da Universidade Federal de Viçosa. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 53, n. 307, p. 366-373, 2006.

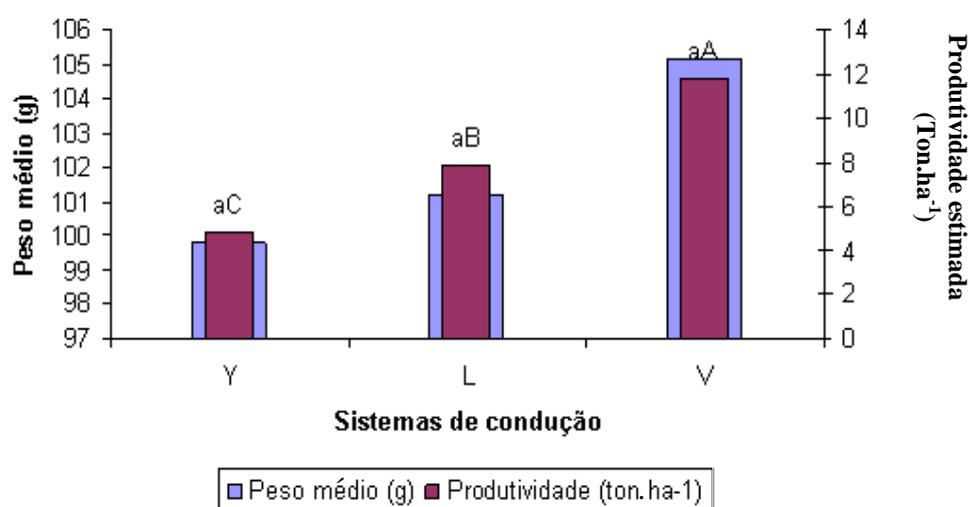


Figura 1 - Peso médio das frutas e Produtividade das plantas ‘Eldorado’ nos diferentes sistemas de condução em Vaso (V), Líder Central (L) e em Ypsilon (Y). FAEM/UFPel, 2007.

Tabela 1 – Sólidos Solúveis Totais (SST), firmeza de polpa, acidez e relação SST/ATT, para pêsegos cv. Eldorado cultivada em diferentes sistemas de condução (Vaso, Ypsilon e Líder). FAEM/UFPel. Pelotas (RS), 2007.

Sistema de Condução	Brix (° Brix)	Firmeza Polpa (Libras)	Acidez	SST/ATT
Líder	11,97 ^{ns}	5,8 ^{ns}	0,98 ^{ns}	12,21 ^{ns}
Ypsilon	12,24	6,0	0,92	13,30
Vaso	12,11	6,9	0,97	12,48
CV (%)	4,87	7,98	10,48	7,99

* ns- não significativo pelo teste de Duncan, com probabilidade de erro de 5%.

Tabela 2 - Luminosidade (L*), cor da superfície (a*), cor de fundo (b*) e tonalidade de cor (h°) para pêssegos cv. Eldorado cultivada em diferentes sistemas de condução (Vaso, Ypsilon e Líder). FAEM/UFPel. Pelotas (RS), 2007.

Sistema de Condução	Luminosidade (L*)	Cor da superfície (a*)	Cor de fundo (b*)	Tonalidade de cor (h°)
Líder	66,29 ^{ns}	4,43 ^{ns}	54,43 ^a	85,24 ^{ns}
Ypsilon	65,74	3,80	53,76 ^{ab}	85,15
Vaso	66,53	4,29	53,38 ^b	85,41
CV (%)	2,47	3,09	1,95	1,96

* ns- não significativo pelo teste de Duncan, com probabilidade de erro de 5%; ** Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal, não diferiram significativamente para os sistemas de condução pelo teste de Duncan a 5% probabilidade de erro.

Tabela 3 – Teor de Compostos Fenólicos Totais, Antioxidantes e Vitamina C, para pêssegos cv. Eldorado cultivada em diferentes sistemas de condução (Vaso, Ypsilon e Líder). FAEM/UFPel. Pelotas (RS), 2007.

Sist. Condução	Compostos Fenólicos Totais (mg.g ⁻¹)	Antioxidantes (mg.g ⁻¹ de aa)	Vitamina C (mg.g ⁻¹)
Líder	139,51 ^b	1,49 ^{ns}	19,16 ^a
Ypsilon	169,69 ^a	1,63	17,21 ^b
Vaso	169,48 ^a	1,63	16,96 ^b
CV (%)	14,79	5,30	4,61

* ns- não significativo pelo teste de Duncan, com probabilidade de erro de 5%; ** Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal, não diferiram significativamente para os sistemas de condução pelo teste de Duncan a 5% probabilidade de erro.

Produtividade e qualidade físico-química de laranjas ‘Valência’ da região Norte do Rio Grande do Sul: mapeamento e correlação entre variáveis¹

Juliete Maria Frighetto², Antônio Luis Santi³, Osmar Henrique de Castro Pias⁴, Renato Trevisan⁵, Geomar Mateus Corassa⁶, Junior Mello Damian³ Diego Henrique Simon³

Resumo - O objetivo deste estudo foi de realizar o mapeamento da produtividade e da qualidade físico-química dos frutos em pomar de laranja ‘Valência’, assim como avaliar as correlações entre essas variáveis, visando à agricultura de precisão. O estudo foi conduzido em pomar comercial de 0,82 ha. As coletas foram realizadas em uma malha amostral de 18 x 21 m, totalizando 29 pontos amostrais. Os parâmetros analisados foram: número de frutos, massa total de frutos, peso médio de frutos, volume de suco por planta, produtividade, rendimento de suco, diâmetro longitudinal e transversal dos frutos, formato do fruto, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e *ratio*. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e análise de correlação linear de Pearson, sendo os resultados espacializados em mapas temáticos. A partir dos resultados pode-se concluir que o número de frutos, o volume de suco por planta, o peso total de frutos por planta e a produtividade apresentam elevada variabilidade de seus valores. O rendimento de suco, o volume de suco por planta e a produtividade são diretamente influenciadas pelo número de frutos por planta. O mapeamento da colheita proporcionou maior detalhamento da área produtiva, demonstrando a importância da utilização de ferramentas de agricultura de precisão em pomares comerciais.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*. Agricultura de precisão. Produção.

Yield and physico-chemical quality of ‘Valencia’ orange in the region North of Rio Grande do Sul: mapping and correlation among parameters

Abstract - The objective of this study was to perform the mapping of productivity and physico-chemical quality of fruit in orchard of 'Valencia' orange, as well as evaluating of the correlation between them valuables, aimed at precision agriculture. The study was conducted in a commercial orchard of 0.82 ha. The collections made on a sampling grid of 18 x 21 m, totaling 29 points. The parameters analyzed were: number of fruits, total mass fruit, average fruit weight, juice volume per plant, productivity, juice yield, longitudinal diameter and transverse of fruit, fruit shape, titratable acidity, total soluble solids and ratio. The data were subjected to descriptive statistical analysis and analysis of linear correlation of Pearson, and the results were spatialized in thematic maps. From the results it can be concluded that the number of fruits, juice volume per plant, total fruit weight and yield per plant showed high variability their values. The yield of juice, juice volume per plant and productivity are directly influenced by the number of fruits per plant. The mapping of harvest provided more details of the production area, demonstrating the importance of using tools of precision agriculture in commercial orchards.

Key words: *Citrus sinensis*. Precision agriculture. Production.

¹ Manuscrito recebido em 07/05/2014 e aceito para publicação em 14/10/2014.

² Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas - RS, Brasil.

³ Dr. Eng^o. Agr^o. Professor do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

⁴ Graduando em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail para correspondência: henriquepias@yahoo.com.br

⁵ Dr. Eng^o. Agr^o. Professor do Colégio Agrícola de Frederico Westphalen (UFSM), 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

⁶ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

Introdução

A cultura da laranja (*Citrus sinensis*, L.) apresenta elevada contribuição social e econômica para o Brasil, com expressivos números de produção e exportação (GRIZOTTO et al., 2012). O estado do Rio Grande do Sul conta atualmente com uma área produtiva que ultrapassa 27.688 ha, com uma produtividade média de 14.164 kg ha⁻¹, valor consideravelmente abaixo da média nacional que é de 24.239 kg ha⁻¹ (IBGE, 2011).

Dentre os fatores que vem restringindo a produção no estado, destacam-se as condições climáticas adversas, problemas fitossanitários e o baixo investimento em tecnologias na condução dos pomares. Neste sentido, Grizotto et al. (2012) sugerem a realização de alterações nos sistemas de produção, por meio da implantação de novas tecnologias de manejo, visando o aumento da produtividade e da qualidade dos frutos produzidos.

Dentre as novas tecnologias disponíveis ao mercado citrícola, Farias et al. (2003) e Molin et al. (2012) fazem referência a agricultura de precisão (AP), como sendo uma ferramenta com potencial de implantação no manejo dos pomares, por possibilitar o gerenciamento mais eficiente do sistema produtivo associado a racionalização no uso dos recursos (ZUCOLOTO et al., 2011). Para a correta utilização das ferramentas de AP em pomares, o mapeamento dos parâmetros produtivos é um dos pressupostos básicos, pois permite orientar de forma eficiente, futuras intervenções no pomar.

Atualmente, estes parâmetros têm sido determinados a partir de uma amostragem composta de frutos no pomar, o qual é considerado homogêneo (AVANZA et al., 2010; LEMOS et al., 2012). No entanto, é importante considerar que as áreas de produção apresentam heterogeneidade natural e que esta deve ser considerada durante as tomadas de decisões para que se obtenha acréscimo na eficiência produtiva (FARIAS et al., 2003). Tal constatação justifica a realização de estudos do uso da AP na caracterização dos atributos produtivos em pomares (MOLIN e MASCARIN, 2007).

Os fatores de produção mais estudados, utilizando-se ferramentas de AP em pomares comerciais, atualmente, é o mapeamento da produtividade (FARIAS et al., 2003; MOLIN e MASCARIN, 2007) e a relação da produtividade com os atributos do solo (CALDERÓN et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009; KONOPATZKI et

al., 2012; MOLIN et al., 2012). No entanto, é essencial considerar aqueles relacionados à qualidade físico-química dos frutos, pois estes fatores apresentam relação direta com a aceitação do produto pelo mercado consumidor e podem estar diretamente relacionadas à produtividade final da cultura (LEMOS et al., 2012).

Assim sendo, o trabalho teve por objetivo realizar o mapeamento da produtividade e da qualidade físico-química dos frutos em pomar comercial de laranja ‘Valência’, bem como, avaliar as correlações entre estas variáveis, visando à agricultura de precisão.

Material e métodos

O estudo foi realizado em pomar comercial de laranja ‘Valência’, de uma pequena propriedade rural no município de Liberato Salzano (RS), situado na latitude 27°33’58” S e longitude 53°02’39” O e conduzido em sistema convencional. O pomar com 0,83 ha, foi instalado no ano de 2004 e arranjado em espaçamento 6 x 3 m, entre linhas e entre plantas, respectivamente. O porta-enxerto utilizado foi o limão cravo (*Citrus limonia* O.). O clima do local é do tipo STPU (subtropical perúmido) com temperatura média anual de 18,1 °C e precipitação média anual de 1919 mm. O solo da área é classificado como Neossolo regolítico com textura argilo-arenosa e, no momento da realização do estudo apresentou as seguintes características químicas: pH em H₂O de 5,7; 14,1 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); 113 mg dm⁻³ de K; 11,9 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 2,09 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺ e 1,8 % de matéria orgânica. As adubações do pomar vinham sendo realizadas anualmente de forma intuitiva pelo produtor, após cada safra, com a aplicação de fertilizantes minerais a base de NPK.

A vetorização da área do pomar foi obtida a partir da demarcação do perímetro, com o uso de GPS de navegação portátil, marca Garmin®, modelo Legend. Posteriormente, foi realizada a sobreposição de uma malha amostral com dimensões de 18 x 21 m (Figura 1), totalizando 29 pontos amostrais. A colheita foi realizada em Agosto de 2011, onde cada ponto amostral foi representado por uma planta, da qual, todos os frutos foram colhidos, contados e pesados para a determinação do número de frutos por planta (NFP), peso total de frutos por planta (PTFP) (kg), produtividade (PROD) (Mg ha⁻¹) e peso médio de frutos (PMF), onde PMF (g) = PROD/NFP.

Para a mensuração das variáveis físico-químicas foram coletados 10 frutos de cada planta, sendo, dois na região central e oito no perímetro da planta, a uma altura de 1,5 m do solo. As variáveis avaliadas foram: a) o volume de suco por planta (VSP), obtido por meio de um extrator manual e convertido em função do número de frutos por planta; b) rendimento de suco (RENS), calculado através da relação peso de suco/peso de fruto e expresso em percentual; c) diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) dos frutos, medidos com auxílio de um paquímetro digital, na posição perpendicular e paralela ao eixo do fruto, respectivamente e d) formato do fruto (FF), calculado através da equação: $FF = DL/DT$.

As características químicas avaliadas nos frutos foram: a) Acidez total titulável (ATT), b) sólidos solúveis totais (SST) e c) *Ratio* (calculado pela relação SST/ATT), as determinações foram realizadas seguindo-se a metodologia descrita por Oliveira et al. (2005).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva, obtendo-se as medidas de posição (mínimo, média e máximo) e de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose) sendo avaliada a hipótese de normalidade pelo teste de Shapiro e Wilk (1965). Para mensuração da variabilidade dos atributos existentes no pomar, os valores do coeficiente de variação (CV) foram classificados segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002) como de baixa ($CV < 10\%$), média ($10 \leq CV < 20\%$), alta ($20 \leq CV < 30\%$) e muito alta variabilidade ($CV \geq 30\%$). A análise de correlação entre os atributos físico-químicos dos frutos e a produtividade do pomar, foi realizada por meio de matriz de correlação linear de Pearson ($p < 0,05$). As análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional *Statistical Analysis System – SAS 8.0*.

Para a espacialização dos resultados, foram gerados mapas temáticos com o auxílio do programa CR-Campeiro 7 (GIOTTO e ROBAINA, 2007), utilizando-se o interpolador inverso do quadrado da distância, indicado por apresentar melhor desempenho em grades com pequeno número de amostras (COELHO et al., 2009).

Resultados e discussão

A partir dos resultados da análise estatística descritiva dos dados (Tabela 1), pode-se observar que as variáveis NFP, VSP, PTFP e

produtividade apresentaram variabilidade de seus valores classificada como muito alta (PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002) com coeficientes de variação de 35,02, 38,30, 33,71 e 33,71% respectivamente. O NFP médio obtido foi de 334,96, com valores mínimos e máximos de 115 e 586 frutos, respectivamente. O VSP médio, por sua vez, foi de 30,52 L, variando de 7,70 a 55,56 L (Tabela 1).

O PTFP obteve valores entre 22 e 104 kg planta⁻¹, corroborando com os estudos de Molin et al. (2012) em que observaram alta variabilidade de produção entre plantas. O valor médio de PTFP foi de 65,45 kg (Tabela 1), valor este, inferior ao observado por Farias et al. (2003) que obteve uma média de 138,72 kg planta⁻¹ em estudo conduzido em pomar de laranjeira 'Natal'. A produtividade média obtida no pomar foi de 33,64 Mg ha⁻¹ (variando entre 11,31 e 53,46 Mg ha⁻¹), valor superior à média nacional (24,24 Mg ha⁻¹), (IBGE, 2011). A média obtida foi superior também à observada por Molin e Mascarin (2007) que, estudando técnicas para o mapeamento da produtividade em pomar de laranja, obteve produtividade média de 25,28 Mg ha⁻¹.

Em função do elevado valor de CV (33,71%) a produtividade foi classificada como de muito alta variabilidade (PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002), similar aos estudos de Farias et al. (2003), Molin e Mascarin (2007) e Oliveira et al. (2009) que verificaram a existência de grande variabilidade na produtividade de frutos dentro de um pomar de citros. Tais resultados demonstram a importância do mapeamento e caracterização da variabilidade de produtividade em pomares de citros, visando melhorar a eficiência nas intervenções de manejo a serem empregadas no pomar.

As variáveis RENS, PMF, DT, DL, FF e ATT apresentaram baixa variabilidade, exibindo coeficientes de variação abaixo dos 10% (Tabela 1). As variáveis SST e Ratio, apresentaram variabilidade espacial considerada média, com coeficiente de variação de 10,91 e 11,10%, respectivamente (Tabela 1). Os valores de RENS variaram de 33,50 a 48,80% sendo o valor médio de 42,03%. Resultados semelhantes foram encontrados por Grizotto et al. (2012), que obtiveram um RENS médio de 45%. O PMF obtido foi de 197 g (Tabela 1), similar ao encontrado por Petry et al. (2012) que estudando o PMF dessa mesma cultivar, obtiveram valores de 204 e 195 g em pomares conduzidos em

sistema convencional e orgânico, respectivamente.

O diâmetro médio dos frutos foi de 74,30 mm para o DL e de 71,44 mm para o DT (Tabela 1). Tais resultados são superiores aos valores médios encontrados por Duenhas et al. (2005), que, avaliando a qualidade dos frutos sobre diferentes doses de fertirrigação em pomar de laranja 'Valência' obtiveram DL e DT de 67,13 e 69,83 mm, respectivamente. O FF obteve uma relação média de 0,96 (Tabela 1), indicando que os frutos da cultivar 'Valência' apresentam formato levemente achatado, com relações de DL/DT inferiores a 1,0, diferindo, segundo Lemos et al. (2012), dos frutos da cultivar 'Pera' que apresentam valores de FF acima de 1,0, caracterizando-os como frutos mais alongados.

O conhecimento das características dos frutos, principalmente a partir de análises não destrutivas (análises físicas) como o DL, DT e FF são fundamentais, pois podem contribuir na seleção de frutos e serem subsídios nas tomadas de decisão com relação à época de colheita, pois os frutos estarão prontos para a colheita somente (características organolépticas) após terem adquirido o seu tamanho padrão (ALVES et al., 2012).

A análise dos SST dos frutos apresentou média de 8,16 °Brix (Tabela 1), valores considerados baixos se comparados com os encontrados por Duenhas et al. (2005) que obtiveram uma média de 12,22 °Brix, utilizando fertirrigação. No entanto, o menor °Brix obtido neste estudo pode estar relacionado a uma série de fatores, tais como: solo, clima, adubação e ou técnicas de manejo, que ocasionaram à menor síntese e acúmulo de açúcares no fruto, os quais representam a maior parte dos SST's.

O valor médio de ATT foi de 1,01%. Tazima et al. (2008) obtiveram valores superiores em estudos com diferentes clones de laranja 'Valência' no estado do Paraná, com ATT variando entre 1,19 a 1,26%, enquanto que Grizotto et al. (2012) obtiveram valores médios de 0,79% em parcelas conduzidas sob sistema convencional no estado de São Paulo. Os valores do Ratio, por sua vez, variaram de 6,07 e 9,34, com uma média de 8,13 (Tabela 1), similares aos obtidos por Tazima et al. (2008).

Embora tenha sido observada uma grande amplitude na variação espacial para algumas variáveis analisadas (elevado CV), ao se analisar os coeficientes de assimetria (Cs) e curtose (Ck), todas as variáveis apresentaram dados pouco

dispersos, admitindo a hipótese de normalidade evidenciada pelo teste W (Tabela 1).

Os resultados dos coeficientes de correlação entre as variáveis estudadas são apresentados na Tabela 2. Pode-se observar que as variáveis ATT, SST, RATIO (químicas) e DL, DT, FF (físicas), não apresentaram correlação significativa com a produtividade de laranja 'Valência' na área em estudo. Duarte et al. (2011) afirmam que a obtenção de um maior número de frutos gera a redução do tamanho dos frutos, entretanto, no presente trabalho não se observou este comportamento. A falta de correlação entre os atributos pode estar relacionada à baixa variabilidade dos valores dos atributos físicos dos frutos. Bragagnolo et al. (2013) citam que, quando a variabilidade da variável em estudo é baixa, os valores de correlação desta com outros fatores tendem a se reduzir.

Os resultados evidenciaram, no entanto, que a produtividade apresentou alta correlação com a variável NFP ($r=0,96$), confirmando os resultados anteriormente descritos por Farias et al. (2003), cujo relato afirma que a produtividade não é influenciada pelo tamanho, mas pelo número de frutos existentes na planta. O NFP também apresentou correlação significativa com o RENS e com VSP, apresentando coeficientes de 0,95 e 0,54, respectivamente (Tabela 2), indicando que, dada sua relação com estes atributos produtivos, o NFP é um fator a ser potencializado em pomares comerciais.

Na Figura 2, são apresentados os mapas temáticos da produtividade e da qualidade físico-química dos frutos de laranja 'Valência' na área em estudo. A partir dos dados espacializados, pode ser verificada a amplitude de variação espacial existente no pomar para as variáveis analisadas, podendo ser identificar as zonas de alto e de baixo potencial produtivo. Os mapas temáticos permitem visualizar a similaridade existente entre as variáveis produtividade e NFP, NFP e RENS, e NFP e VSP.

O conhecimento detalhado da área em estudo é de grande importância para a adequação (melhorias) no manejo, pois é possível realizar um estudo de causa e efeito das variáveis, procurando unir os mapas das diferentes variáveis, e os conhecimentos do produtor para sanar os problemas.

Diante do exposto, é possível inferir que o mapeamento da produtividade em pomares de citros, a partir da utilização de ferramentas de AP, proporciona o conhecimento detalhado da área produtiva. Esta prática permite melhorias no

planejamento da produção e no manejo do pomar, racionalização no uso dos recursos, bem como acréscimo na produtividade e na qualidade dos frutos, aliada à preservação ambiental.

Conclusões

O número de frutos, o volume de suco e o peso total de frutos por planta, assim como a produtividade apresentam elevada variabilidade no pomar.

A produtividade, o rendimento de suco e o volume de suco por planta são diretamente influenciados pelo número de frutos por planta.

A utilização de ferramentas de agricultura de precisão em pomar comercial de laranja pode ser extremamente útil, proporcionando maior detalhamento da área produtiva e sendo capaz de delimitar zonas com necessidade de intervenção.

Referências

ALVES, R. R.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L. et al. Relações entre características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-doce cultivado em Viçosa-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 619-623, 2012.

AVANZA, M. M.; BRAMARDI, S. J.; MAZZA, S. M. Tamaño óptimo de muestra para evaluar el patrón de crecimiento de frutos de naranjo 'Valencia late'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1154-1163, 2010.

BRAGAGNOLO, J.; AMADO, T. J. C.; NICOLOSO, R. S. et al. Optical crop sensor for variable-rate nitrogen fertilization in corn: II - indices of fertilizer efficiency and corn yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1299-1309, 2013.

CALDERÓN, C. A. V.; MARTÍNEZ, L. J. M.; HENAO, R. G. Variabilidad espacial del suelo y su relacion con el rendimiento de mango (*Mangifera indica* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1146-1151, 2008.

COELHO, E. C.; SOUZA, E.G.; URIBEPAZO, M. A.; PINHEIRO NETO, R. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 165-174, 2009.

DUARTE, T. F.; BRON, I. U.; RIBEIRO, R. V. et al. Efeito da carga pendente na qualidade de frutos de laranja 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 823-829, 2011.

DUENHAS, L. H.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, M. P. et al. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja Valência sob fertirrigação e adubação convencional. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 154-160, 2005.

FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C. et al. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 235-241, 2003.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A. D. A. Agricultura de precisão com o CR Campeiro 7: manual do usuário. Santa Maria: UFSM, 2007. 319 p.

GRIZOTTO, R. K.; SILVA, J. A. A.; MIGUEL, F. B. et al. Qualidade de fruto de laranja Valência cultivada sob sistema tecnificado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 784-789, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados da safra 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2011/default.shtm>. Acesso em: 20 fev. 2014.

KONOPATZKI, M. R. S.; SOUZA, E. G.; NÓBREGA, L. H. P. et al. Spatial variability of yield and other parameters associated with pear trees. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 2, p. 381-392, 2012.

LEMOS, L. M. C.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. et al. Características físico-químicas da laranja-pera em função da posição da copa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1091-1097, 2012.

MOLIN, J. P.; COLAÇO, A. F.; CARLOS, E. F. et al. Mapping yield, soil fertility and tree gaps in an orange orchard. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1256-1265, 2012.

_____.; MASCARIN, L. S. Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da

produtividade. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 259-266, 2007.

OLIVEIRA, P. C. G.; FARIAS, P. R. S.; LIMA, H. V. et al. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo e da produtividade de citros na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 708-715, 2009.

OLIVEIRA, R. P.; CANTILLANO, R. F. F.; MALGARIM, M. B. et al. **Características dos citros apirênicos produzidos no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 41 p. (Documentos, 141).

PETRY, H. B.; KOLLER, O. C.; BENDER, R. J. et al. Qualidade de laranjas Valência produzidas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 167-174, 2012.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v. 52, n. 1, p. 591-611, 1965.

TAZIMA, Z. H.; AULER, P. A. M.; NEVES, C. S. J. et al. Comportamento de clones de laranja 'Valência' na região norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 970-974, 2008.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. S.; COELHO, R. I. Correlação e variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produção de bananeira "Prata-anã". **Revista Brasileiro de Fruticultura**, p. 479-484, 2011. (Edição Especial).

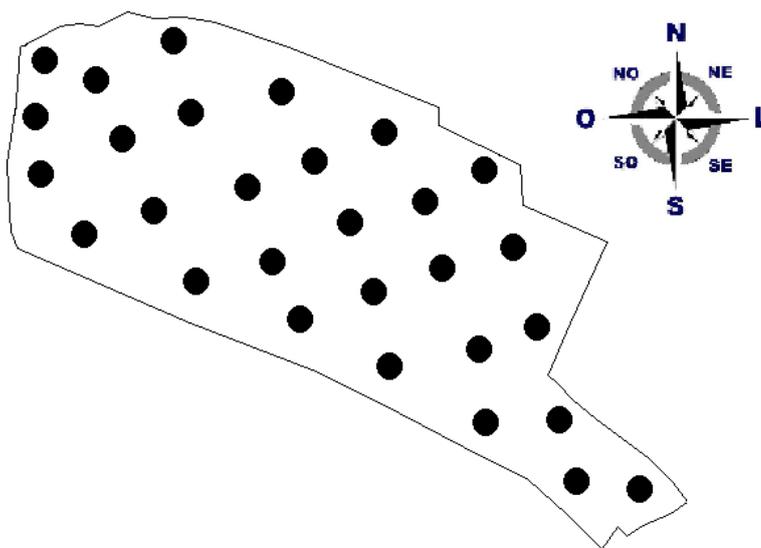


Figura 1 - Malha amostral de 18 x 21 m utilizada para determinação da produtividade e qualidade físico-química dos frutos no pomar comercial de laranja 'Valência', Liberato Salzano/RS.

Tabela 1 - Análise estatística descritiva das diferentes variáveis produtivas e da qualidade físico-química dos frutos de um pomar comercial de laranja ‘Valência’, Liberato Salzano/RS.

Variável*	Parâmetros estatísticos							
	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão	Coeficiente			Teste W ⁽¹⁾
					Variação	Assimetria	Curtose	
PTFP (kg)	22,00	65,45	104,00	22,06	33,71	-0,01	-0,74	0,98 ^{ns}
PROD (Mg ha ⁻¹)	11,31	33,64	53,46	11,34	33,71	-0,01	-0,74	0,98 ^{ns}
NFP	115,00	334,96	586,00	117,32	35,02	0,04	-0,72	0,98 ^{ns}
VSP (L)	7,70	30,52	55,67	11,68	38,30	0,23	-0,56	0,97 ^{ns}
PMF (g)	153,00	197,00	236,00	0,02	9,73	0,02	0,25	0,98 ^{ns}
RENS (%)	33,50	42,03	48,80	3,60	8,58	-0,10	-0,21	0,98 ^{ns}
DT (mm)	67,45	74,30	79,30	2,43	3,27	-0,29	1,23	0,97 ^{ns}
DL (mm)	63,69	71,44	77,47	3,69	5,16	-0,20	-0,62	0,97 ^{ns}
FF	0,90	0,96	1,03	0,03	3,33	0,45	-0,32	0,97 ^{ns}
SST (°Brix)	6,20	8,16	9,80	0,89	10,91	-0,03	-0,71	0,96 ^{ns}
ATT (%)	0,79	1,01	1,21	0,10	9,82	0,05	-0,22	0,98 ^{ns}
RATIO	6,07	8,13	9,34	0,90	11,10	-0,38	-0,58	0,95 ^{ns}

* Sendo: PTFP= Peso total de frutos por planta; PROD= Produtividade; NFP= Número de frutos; VSP= Volume de suco por planta, PMF= Peso médio de frutos; RENS= Rendimento de suco; DT= Diâmetro transversal; DL= Diâmetro longitudinal; FF= Formato do fruto; SST= Sólidos solúveis totais; ATT= Acidez total titulável.

⁽¹⁾ Teste de Shapiro-Wilk (1965) para distribuição normal, onde: (*) significativo em níveis de $p \leq 0,05$ e (ns) não significativo. Quando significativo à hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (r), obtidos entre os parâmetros produtivos e as características físico-químicas dos frutos de pomar comercial de laranja ‘Valência’, Liberato Salzano/RS.

Variável ¹	PTFP	PROD	NFP	VSP	PMF	RENS	DT	DL	FF	SST	ATT	RAT
PTFP	1,00	1,00*	0,96*	0,91*	0,02	0,36	-0,14	0,07	0,28	-0,05	0,05	-0,10
PROD	-	1,00	0,96*	0,91*	0,02	0,36	-0,14	0,07	0,28	-0,05	0,05	-0,10
NFP	-	-	1,00	0,95*	0,26	0,95*	-0,25	-0,08	0,18	-0,11	-0,01	-0,11
VSP	-	-	-	1,00	-0,22	0,54*	-0,06	0,10	0,26	-0,13	-0,05	-0,10
PMF	-	-	-	-	1,00	-0,35	0,42	0,57	0,45	0,25	0,16	0,11
RENS	-	-	-	-	-	1,00	-0,27	-0,06	0,19	0,13	0,00	0,12
DT	-	-	-	-	-	-	1,00	0,77*	0,19	-0,17	0,02	-0,19
DL	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,77*	0,01	-0,03	0,03
FF	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,15	-0,07	0,19
SST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,41	0,60
ATT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,48
RAT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

⁽¹⁾ Sendo: PTFP= Peso total de frutos por planta; PROD= Produtividade; NFP= Número de frutos; VSP= Volume de suco por planta, PMF= Peso médio de frutos; RENS= Rendimento de suco; DT= Diâmetro transversal; DL= Diâmetro longitudinal; FF= Formato do fruto; SST= Sólidos solúveis totais; ATT= Acidez total titulável e RAT= Ratio.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

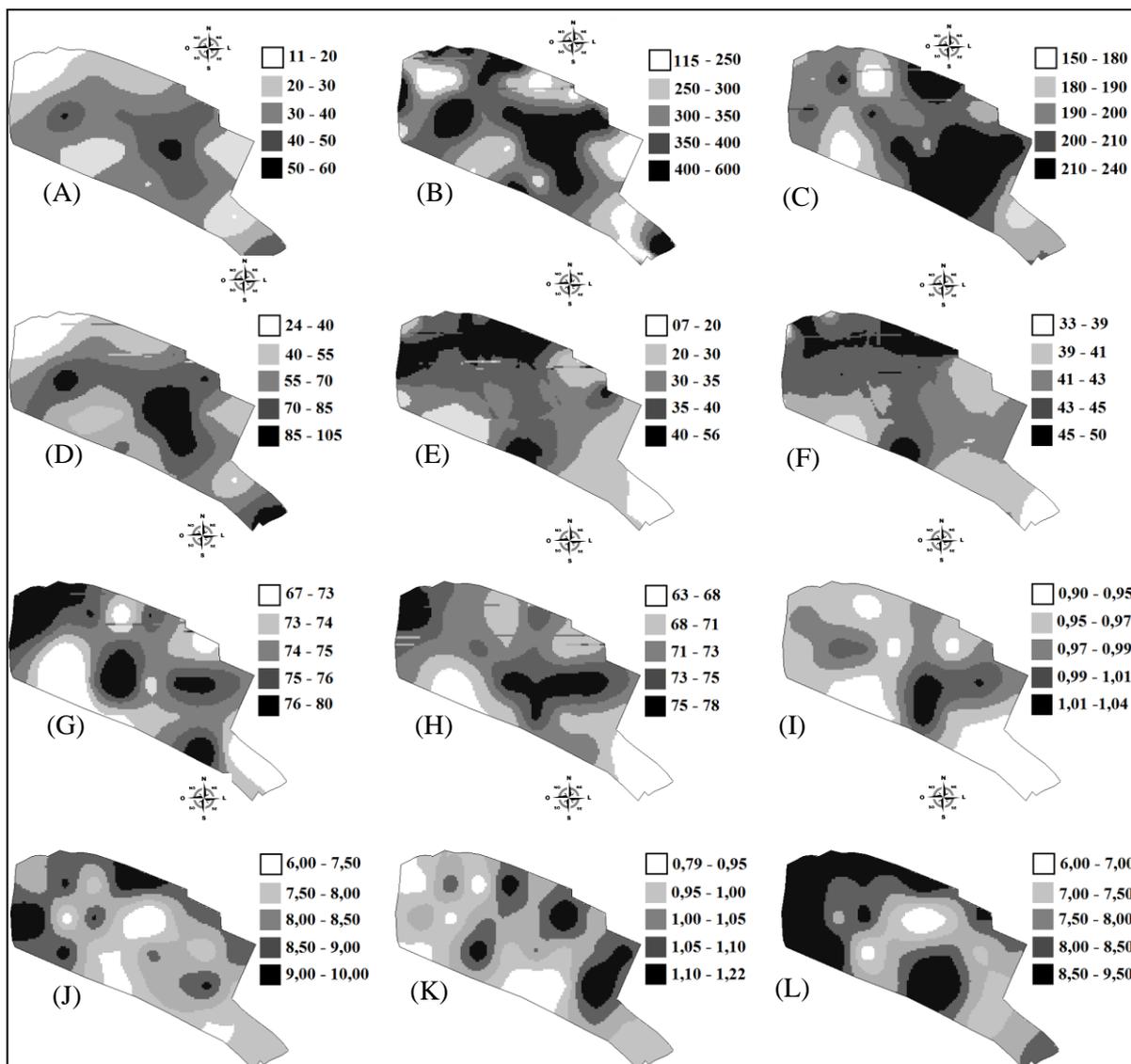


Figura 2 - Mapas temáticos da distribuição espacial dos parâmetros produtivos e das características físico-químicas dos frutos em pomar comercial de laranja 'Valência', Liberato Salzano/RS, onde: A) Produtividade ($Mg\ ha^{-1}$); B) NFP, C) PMF (g), D) PTFP (kg), E) VSP (litros), F) RENS (%), G) DT (mm), H) DL (mm), I) FF, J) SST (°Brix), K) ATT (%) e L) *RATIO*.

Comparação de métodos de estimativa de área foliar em morangueiro¹

André Ricardo Zeist², João Ronaldo Freitas de Oliveira³, Renato Barros de Lima Filho⁴, Maria

Ligia de Souza Silva⁵, Juliano Tadeu Vilela de Resende⁶

Resumo – A quantificação da área foliar em plantas é uma ferramenta utilizada em análises do seu crescimento, permitindo inferir sobre importantes parâmetros do desenvolvimento vegetal. Com isso, objetivou-se comparar medidas de estimativa de área foliar em morangueiro, obtidas por oito métodos, sendo esses destrutivos ou não destrutivos. Como método padrão, para obtenção da área foliar real, utilizou-se um digitalizador de imagens (Scanner), avaliando-se a precisão dos métodos de estimativa de área foliar do produto do comprimento x largura da folha, somatório do produto obtido entre o comprimento x largura dos folíolos, integradores de área foliar portátil e de bancada, dos quadrados, massa fresca e seca dos discos foliares. Os dados dos métodos avaliados, em comparação ao método padrão, foram submetidos à análise de correlação linear simples, determinando-se os coeficientes de determinação (R^2) e correlação (r), que foi testado pelo teste de t . Exceto o método do integrador de área foliar portátil, todos os métodos de estimativa de área foliar avaliados, quando comparados ao método padrão apresentaram precisão, podendo ser utilizados assim na estimativa da área foliar em morangueiro.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Mensuração foliar.

Comparison of methods for estimating leaf area in strawberry

Abstract – The quantification of the plant leaf area is a tool used in the analysis of plant growth, enabling infer important parameters of plant development. Thus, the objective was to compare methods of estimating leaf area (LA), both destructive and non destructive in strawberry. As the standard method for obtaining the leaf area, used a scanner images (Scanner), evaluating the accuracy of methods for estimating leaf area of the product of length x width of the sheet, the sum of the product of the length x width of leaflets, leaf area integrators portable and bench, squares, fresh and dry weight of leaf discs. The data of the methods evaluated in comparison to the standard method, were analyzed by simple linear correlation, determining the coefficients of determination (R^2) and correlation (r), which has been tested by t test. Except for the method of integrating portable leaf area, all methods for estimating leaf area evaluated, when compared to standard method showed accuracy and can thus be used to estimate leaf area in strawberry.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch. Measurement leaf.

¹ Manuscrito recebido em 17/07/2014 e aceito para publicação em 06/10/2014.

² Eng. Agr. Mestrando do programa de pós-graduação em Agronomia, Produção Vegetal. Campus Cedeteg, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, 85040-080, Guarapuava – PR, Brasil. (42) 98363823, andre.zeist@bol.com.br

³ Doutorando do programa de pós-graduação em Agronomia, Produção Vegetal. Campus Cedeteg, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Guarapuava – PR, Brasil. joaoroliveira@yahoo.com.br

⁴ Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Campus Cedeteg, Guarapuava – PR, Brasil. renatinho_barros@yahoo.com.br

⁵ Prof.ª. Dr.ª. Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Campus Universitário, 37200-000, Lavras, MG, Brasil. mlsousi@hotmail.com

⁶ Eng. Agr., Prof. Dr. Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO, Campus CEDETEG, Guarapuava, PR, Brasil. jresende@unicentro.br

Introdução

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.), devido a sua capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas, é cultivado em uma ampla distribuição geográfica (MORALES et al., 2012). A produção de morangos nos últimos anos se expandiu, sendo cultivado principalmente em pequenas propriedades rurais (WITTER et al., 2012).

A quantificação da área foliar em plantas é uma ferramenta utilizada em análises do crescimento vegetal (CUNHA et al., 2010). A folha é o órgão de interceptação de luz para a fotossíntese (LUCENA et al., 2011), essencial para a produção de carboidratos, lipídeos e proteínas pela planta (COELHO JÚNIOR et al., 2010). A precisa determinação da área foliar, permite, então, uma boa inferência sobre o potencial fotossintético (LIMA et al., 2008; BRITO et al., 2011), estimativa da transpiração (COELHO FILHO et al., 2005), na determinação de danos bióticos e abióticos, em aspectos relacionados à espaçamentos, aplicação de defensivos, reprodução, desenvolvimento e exigência nutricional e hídrica (DOMBROSKI et al., 2010; SILVA et al., 2011), além de ser amplamente conhecida por ser um parâmetro indicativo de produtividade.

Para a cultura do morangueiro em relação à estimativa da área foliar, são encontradas informações apenas de medições utilizando-se o comprimento e largura de folíolos (PIRES et al., 1999). Sendo que atualmente são inúmeras as possibilidades existentes para se determinar a área foliar (NASCIMENTO et al., 2002; SILVA et al., 2013). Atualmente a área foliar pode ser medida ou estimada por métodos destrutivos e não destrutivos, diretos ou indiretos (FIDELES FILHO et al., 2010; AQUINO et al., 2011; SILVA et al., 2013).

Os métodos diretos são aqueles que são realizadas medições diretas nas folhas, enquanto que os métodos indiretos tem sua fundamentação na correlação conhecida entre uma variável avaliada e a área foliar (SOUZA et al., 2012). Enquanto os métodos diretos, na sua maioria, são destrutivos e demorados, precisando realizar colheita de plantas ou parte de plantas, os métodos indiretos estimam a área foliar a partir de uma determinada variável independente (TOEBE et al., 2010). Os métodos destrutivos baseiam-se em colheitas destrutivas de amostras de plantas e da medição da sua área foliar real no laboratório com auxílio de medidores de área

foliar (FIDELES FILHO et al., 2010). Enquanto, que nos métodos não destrutivos, as medições são realizadas na planta, sem necessidade da destruição e remoção de estruturas (COELHO FILHO et al., 2012). Na cultura do morangueiro, a análise de crescimento foliar é dificultada pela anatomia foliar, que é composta por três folíolos pilosos com margens denteadas. No entanto, a área foliar é de interesse da pesquisa agrária e atualmente existem vários métodos para se estimar a área foliar, tendo em vista que a precisão dos mesmos é variável (BOSCO et al., 2012; SILVA et al., 2013).

Tendo em vista que a precisão do método de estimativa de área foliar depende da anatomia foliar, que é em maioria diferenciada de acordo com cada espécie, ou até mesmo cultivar. O presente trabalho teve como objetivo comparar medidas de estimativa de área foliar em morangueiro, obtidas por oito métodos, sendo estes destrutivos ou não destrutivos.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2013, no laboratório de Fisiologia Vegetal do departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, localizada no município de Guarapuava, PR, localização aproximada de: latitude 25° 41' S, longitude 51°38' O e altitude de 1100 m. O clima do local segundo a classificação de Köppen é definido como Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), temperado, sem estação seca definida, com verão quente e inverno moderado (WREGGE et al., 2011).

Para execução do experimento, foram coletadas da área experimental do setor de Olericultura após a segunda florada aleatoriamente trinta folhas sadias, ao acaso, em diferentes posições de plantas de morangueiro, cultivar Albion. No campo as plantas foram conduzidas em sistema de túneis plásticos com 0,8 m de altura na parte central, canteiros de 1,0 m de largura por 0,25 m de altura, utilizadas três linhas, espaçadas as plantas entre linhas e entre plantas por 0,30 m, em solo Latossolo Bruno Distroférrico típico. Os canteiros foram revestidos com filme de polietileno preto, sendo a irrigação realizada por sistema de gotejamento, de acordo com a necessidade hídrica da cultura.

As folhas foram colhidas aleatoriamente dentro do campo de produção com auxílio de uma tesoura, acondicionadas em bandejas plásticas e encaminhadas ao laboratório. Todas as

folhas foram enumeradas na face abaxial para não ocorrer erro de amostragem, realizando-se o experimento em delineamento inteiramente casualizado, constituindo cada folha de uma repetição. Avaliando-se a precisão de métodos de mensuração de área foliar (AF), destrutivos e não destrutivos. Como método padrão, para obtenção da área foliar real, utilizou-se um digitalizador de imagens (Scanner), acoplado a um microcomputador, onde foram digitalizadas as folhas, e as imagens digitais foram manuseadas conforme realizado por Jadoski et al. (2012) utilizando o Software ImageJ® (Powerful Image Analysis). Com base na imagem que o software captura de todos os folíolos de uma folha completa e por meio de procedimentos de contraste de cores e de comparação com uma escala real presente (5 x 5 cm), foi calculado a área total real da folha (cm²) (Figura 1).

Por meio do método do produto do comprimento e largura da folha ($AF = C \times L$), realizou-se a medição do comprimento (C) e largura (L) das folhas individualmente, utilizando uma régua graduada em milímetros.

O comprimento correspondeu à maior distância (cm) entre a base distal do pecíolo e a extremidade do folíolo central, e a largura à maior distância (cm) no sentido perpendicular ao comprimento do folíolo central entre as extremidades do folíolo esquerdo e direito (Figura 2 A). Avaliou-se também por meio de medição com régua o método do somatório do produto obtido entre o comprimento e largura dos folíolos ($AF = F1(C \times L) + F2(C \times L) + F3(C \times L)$), onde foram realizadas medições do comprimento (C) e largura (L) dos três folíolos de cada folha. O comprimento correspondeu a maior distância (cm) entre a base distal do pecíolo e a extremidade de cada folíolo, e a largura a maior distância (cm) no sentido perpendicular ao comprimento da nervura principal, entre as extremidades de cada folíolo (Figura 2 B). Estimou-se também a área foliar por meio dos métodos:

- Método do integrador de área foliar portátil – A área foliar (cm²) foi obtida por meio de um medidor de área foliar portátil (Área Meter) LICOR®, modelo LI 3000C;

- Método do integrador de área foliar de bancada – A área foliar (cm²) foi obtida por meio de um medidor de área foliar (Área meter) LICOR®, modelo LI 3100C, instalado sobre bancada;

- Método dos quadrados – Utilizou-se quadrados desenhados de 0,25 cm² em uma

prancheta transparente, onde as folhas foram dispostas. A área foliar (AF) foi obtida por meio da soma da contagem do número de quadrados preenchidos nos três folíolos pelo contorno de cada folíolo (acima de 50%);

- Método da massa fresca dos discos foliares – Retirou-se discos foliares de diferentes posições dos folíolos, evitando-se retirar amostras da nervura central, por meio de um cilindro de 7,06858 cm². Tendo como base a pesagem da massa fresca dos discos e das folhas frescas em balança de precisão de 0,001 g, com relação à área dos discos, estimou-se indiretamente a área foliar (AF);

- Método da massa seca dos discos foliares – Procedimento semelhante ao realizado no método da massa fresca, no entanto, os discos foliares de área conhecida, foram colocados juntamente com as folhas acondicionados em estufa com circulação de ar a 64 °C durante 48 horas para a obtenção da matéria seca (g). Estimando-se a área foliar (AF) por meio da correlação entre o peso seco das folhas (g), peso médio dos discos foliares (g) e área foliar (cm²) dos discos.

Os métodos produto do comprimento e largura da folha, somatório do produto do comprimento e largura dos folíolos, do integrador de área foliar portátil e dos quadrados são enquadrados como métodos não destrutíveis, enquanto que os métodos integrador de área foliar de bancada, da massa fresca e massa seca dos discos foliares são métodos classificados como destrutíveis, por se basearem na coleta de parte ou total de uma planta para realização da estimativa da área foliar.

Os dados foram submetidos à análise de correlação linear simples, conforme realizado por Souza et al. (2012) para estimar o diagrama de dispersão que pudesse ajustar a área foliar conforme, em função das dimensões foliares, utilizando-se o modelo linear $Y = ax + b$. O valor “y” representa a variável dependente (método do scanner), em função de “x” que representa a variável independente (outros métodos), sendo que os demais fatores são consideradas constantes de ajuste agregadas ao referente modelo de equação. Para determinar o método mais eficiente de estimativa de área foliar (AF) em morangueiro, por meio do programa do programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 Beta (SILVA, 2013), determinou-se o coeficiente de correlação (r), testado pelo teste de t, entre o método de referência (scanner), e os demais métodos avaliados.

Resultados e Discussão

Nas análises realizadas, por meio de regressão linear entre o método de estimativa de área foliar (AF) utilizado como padrão (Scanner), respectivamente eixo “y”, e os demais métodos avaliados, respectivamente eixo “x”, encontrou-se para todos os métodos, exceto método integrador de área foliar portátil, valores de coeficiente de determinação (R^2) $\geq 0,96$ (Figura 3). Demonstrando que houve estreita relação e linearidade para a estimativa da área foliar entre o método padrão e a maioria dos métodos testados. Indicando também que $\geq 96\%$ das variações observadas na área foliar foram explicadas por meio de equações linear obtidas.

Aplicando-se teste de t, para a variável coeficiente de relação (r) obtido por meio da correlação simples entre o método padrão e os demais métodos avaliados, houve significância para ambos os métodos avaliados, exceto para o método integrador de área foliar portátil, onde os valores de r foram $\geq 0,98$ (Figura 3). Sendo que os métodos não destrutíveis, somatório do produto do comprimento pela largura dos folíolos e dos quadrados foram os que apresentaram o maior coeficiente de relação (r) $\geq 0,99$, respectivamente Figura 3 A, B e C.

As equações obtidas, por meio do modelo de regressão linear, do método padrão de estimativa de área foliar (AF) real correlacionado com os demais métodos de estimativa de área avaliados, permitem o ajuste dos valores de acordo com a equação matemática obtida para cada método. Onde as funções da regressão são equações que estão demonstrando a relação existente entre os dois conjuntos de valores (LIMA et al., 2008). Permitindo assim, a área foliar em alguns casos pode ser estimada utilizando-se apenas parâmetros dimensionais de folhas.

Quando avaliados separadamente os métodos destrutíveis de estimativa da área foliar, encontrou-se a maior aproximação por meio do integrador de área foliar de bancada, em relação ao método de estimativa padrão (scanner) $r=0,9893$ (Figura 3 E). Os valores obtidos do coeficiente de correlação para quando empregados os métodos dos discos foliares, por meio da massa fresca e massa seca, $r=0,98$, para ambos (Figura 3 F e G) apesar de inferiores à maioria dos métodos de estimativa de área foliar avaliados e quando comparados ao método padrão, apresentaram resultados satisfatórios, tendo em fato que o método dos discos foliares superestima a área foliar.

Carvalho et al. (2012), ao avaliar métodos de estimativa da área foliar em cambuizeiro, em comparação ao método padrão (Scanner), obteve para o método dos discos foliares resultados considerados como satisfatório para o autor, com $R^2 = 0,85$, dando importância ao método por apresentar uma maior praticidade de execução. No entanto, apesar de ser um método bastante prático e tradicional, este método é considerado trabalhoso (ADAMI et al., 2008).

A grande desvantagem dos métodos destrutivos, da massa fresca e seca dos discos foliares e do integrador de área foliar LI 3100C, está relacionada ao fato que estes apresentam o inconveniente de necessitar uma maior área das parcelas experimentais, haja visto que as folhas das plantas serão coletadas para a estimativa da área foliar em diferentes épocas durante o experimento (LIMA et al., 2008; AQUINO et al., 2011). No entanto, quando existir disponibilidade de folhas para coleta, como para o caso do morangueiro, apresentam a vantagem de estimar a área foliar de maneira rápida e precisa. Os integradores ópticos de área foliar, como os utilizados no presente trabalho, apesar de serem considerados aparelhos bastante precisos, exceto para quando não utilizados para folhas que limitam a leitura, no entanto por não ser fabricados no Brasil, são muito caros e de difícil manutenção (GODOY et al., 2007).

A baixa aproximação obtida por meio do integrador de área foliar portátil (Figura 3 D) em relação ao método de estimativa padrão (scanner) para o presente trabalho, representa que apesar do método permitir a avaliação da área foliar diretamente em campo (SILVA et al., 2011), apresenta a desvantagem de não ser recomendado para utilização na estimativa da área foliar, de culturas que apresentam limbo foliar com grandes dimensões (DOMBROSKI et al., 2010), como é o caso das folhas do morangueiro.

Utilizado o integrador de área foliar portátil (LIMA et al. 2012) compararam métodos de estimativa de área foliar, em jabuticaba, encontraram os melhores resultados da aproximação da área foliar real com o método do integrador portátil. Os resultados encontrados pelos autores comprova que aumenta a precisão da estimativa da área foliar obtida pelo método, quando utilizado para plantas que apresentam o limbo foliar de menor tamanho. Uma elevada aproximação do método padrão obtida por meio dos métodos não destrutíveis das dimensões do produto comprimento x largura da folha e somatório do produto do comprimento x largura

dos folíolos, $r \geq 98$ são extremamente favoráveis. Tendo em vista que os métodos são de baixo custo, práticos, não destrutivos, sem necessidade da colheita de folhas para mensuração da área foliar.

O método não destrutivo, dos quadrados de estimativa da área foliar, também apresentou por meio da correlação simples, em comparação ao método padrão resultados relevantes, $r = 0,9933$. Sendo o método que melhor se aproximou do método padrão. No entanto, são poucos os trabalhos de mensuração da área foliar que revelam a eficiência do método, devido ao fato da demanda de tempo gasto para a execução do mesmo, além de quando se trata principalmente de avaliações em um grande volume de material, necessitar de um elevado número de pessoas para efetivação do processo (LUCENA et al., 2011).

A importância de se utilizar um método não destrutivo refere-se à possibilidade de acompanhar o crescimento e a expansão foliar de uma mesma planta durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura (QUEIROZ et al., 2013). Sendo que quando se realiza estudos dos fenômenos ecofisiológicos, se requer para acompanhamento do crescimento vegetativo métodos não destrutivos para estimativa da área foliar (SILVA et al., 2002).

Tendo em vista que para o presente trabalho obteve-se para os métodos não destrutíveis, dos quadrados e somatório do produto do comprimento x largura dos folíolos, os melhores resultados para a variável coeficiente de relação (r), em comparação ao método padrão. Ressalta-se que o método de estimativa de área por meio do somatório do produto do comprimento x largura dos folíolos é um método fácil de ser executado, rápido e não destrutivo, possibilitando inclusive avaliações repetitivas em uma mesma planta, preservando a integridade do vegetal, tornando-se o método uma favorável opção para estimativa da área foliar em morangueiro.

Coelho Júnior et al. (2010) ao realizarem a caracterização topográfica de folíolos de morangueiro, encontraram entre diferentes cultivares divergências na área foliar, tamanho de folíolos, comprimento de nervura e declividade foliar. O que demonstra que para o caso do morangueiro a precisão dos métodos de estimativa de área foliar pode variar de acordo com a cultivar. Devido ao fato que a precisão do método de estimativa de área foliar altera-se conforme as características morfológicas da folha.

Conclusões

Os métodos não destrutíveis dos quadrados e somatório do produto do comprimento x largura dos folíolos foram os que melhor apresentaram aproximação do padrão utilizado como referencial para estimativa de área foliar em morangueiro, com maior coeficiente de correlação;

Todos os métodos avaliados para estimar a área foliar em morangueiro, exceto método do integrador de área foliar portátil, apresentaram estreita relação e linearidade para a estimativa da área foliar quando comparados ao método padrão;

Todos os métodos avaliados, exceto método do integrador de área foliar portátil, são aceitáveis para estimativa da área foliar em morangueiro.

Referências

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L. et al. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 1053-1058, 2008.
- AQUINO, L. A.; SANTOS JÚNIOR, V. C.; GUERRA, J. V. S. et al. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 832-836, 2011.
- BOSCO, L. C.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S. et al. Seleção de modelos de regressão para estimar a área foliar de macieiras Royal Gala e Fuji Suprema sob tela antigranizo e em céu aberto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 504-514, 2012.
- BRITO, C. H. de; SILVEIRA, D. L. S.; BRANDÃO, A. M. et al. Redução de área foliar em milho em região tropical no Brasil e os efeitos em caracteres agrônômicos. **Interciência**, v. 36, n. 4, p. 291-295, 2011.
- CARVALHO, D. R.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; SILVA, M. G. O. et al. Comparação de métodos para estimativa da área foliar do *Myrciaria tenella* O. Berg. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 8, n. 4, p. 1-6, 2012.
- COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, L. R.; VASCONCELOS, M. R. B. et al. Estimativa da

- área foliar de plantas de lima ácida 'Tahiti' usando métodos não-destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 163-167, 2005.
- _____; VILLA-NOVA, N. A.; ANGELOCCI, L. R. et al. Método para estimativa do IAF de árvores isoladas ou de plantações com dossel fechado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 529-538, 2012.
- COELHO JÚNIOR, J. M.; RESENDE, L. V.; RESENDE, J. T. V. et al. Caracterização topográfica de folíolos medianos de cultivares de morangueiro sob altas temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 3, n. 3, p. 13-18, 2010.
- CUNHA, J. L. X. L.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; MESQUITA, H. C. et al. Comparação de métodos de área foliar em *Chrysobalanus icaco* L. ACSA. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 3, p. 22-27, 2010.
- DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. O.; BATISTA, T. M. V. et al. Análise comparativa de métodos de determinação de área foliar em pinha (*Annona Squamosa* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 188-194, 2010.
- FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, N. E. M.; PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 736-741, 2010.
- GODOY, L. J. G. de.; YANAGIWARA, R. S.; VILLAS-BÔAS, R. L. et al. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja "Pêra". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 420-424, 2007.
- JADOSKI, S. O.; LOPES, É. C.; MAGGI, M. F. et al. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, supl.1, p. 2545-2554, 2012.
- LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F. de. et al. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 120-127, 2008.
- LIMA, M. F. P.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; SILVA, M. G. O. et al. Comparação de métodos de área foliar em *Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 8, n. 1, p. 12-17, 2012.
- LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V.; DOMBROSKI, J. L. D. et al. Medição de área foliar de aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 40-45, 2011.
- MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V.; RESENDE, J. T. V. et al. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica complementar em cultivo protegido. **Ambiência**, v. 8, n. 1, p. 23-33, 2012.
- NASCIMENTO, I. B.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, M. C. C. et al. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 555-558, 2002.
- PIRES, R. C. de M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A. Estimativa da área foliar de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 86-90, 1999.
- QUEIROZ, J. E.; SILVA, G. H.; SOUZA NETO, A. G. Avaliação estatística da área foliar através de métodos de equações em duas espécies florestais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 146-153, 2013.
- SILVA, F. de A. S. **Assistat: Versão 7.6 beta**. DEAG-CTRN-UFCEG – atualizado em 05 de maio de 2013. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acesso em: 5 out. 2013.
- SILVA, L. C.; SANTOS, J. W. dos.; BELTRÃO, N. E. de M. et al. Um método simples para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 6, n. 1, p. 491-496, 2002.
- SILVA, W. L.; COSTA, J. P. R.; CAPUTTI, G. P. et al. Medidas lineares do limbo foliar dos capins xaraés e massai para a estimativa da área foliar. **Biotemas**, v. 26, n. 3, p. 11-18, 2013.
- SILVA, W. Z.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A. et al. Métodos de estimativa de área foliar

em cafeeiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 746-759, 2011.

SOUZA, M. S. de.; ALVES, S. S. V.; DOMBROSKI, J. L. D. et al. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 241-245, 2012.

TOEBE, M.; LOPES, S. J.; STORCK, L. et al. Estimativa de plastocrono em crambe. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 793-799, 2010.

WITTER, S.; RADIN, B.; LISBOA, B. B. et al. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 58-65, 2012.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C. et al. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. v. 1. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

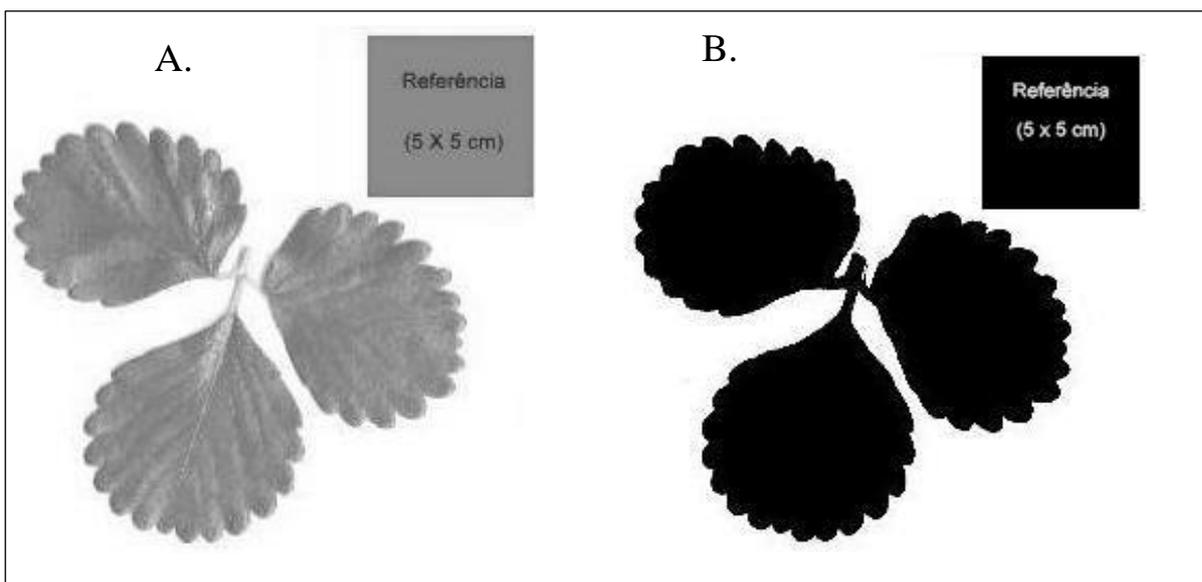


Figura 1 – Folha de uma de planta de morangueiro digitalizada juntamente com uma escala real (A) e imagem da folha contrastada em preto para facilitar a determinação da área foliar por meio software ImageJ (B), Guarapuava-PR, 2013.

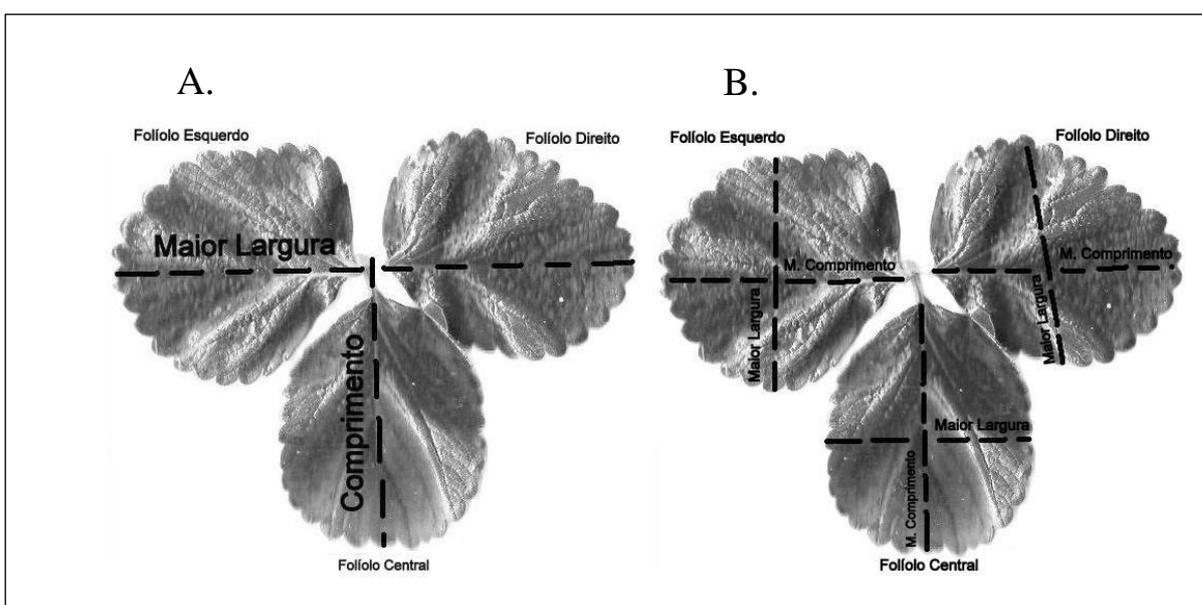


Figura 2 – Dimensões descritas para realização da estimativa da área foliar em morangueiro, método do produto do comprimento e largura da folha (A), método do somatório do produto obtido entre o comprimento e largura dos folíolos (B), Guarapuava-PR, 2013.

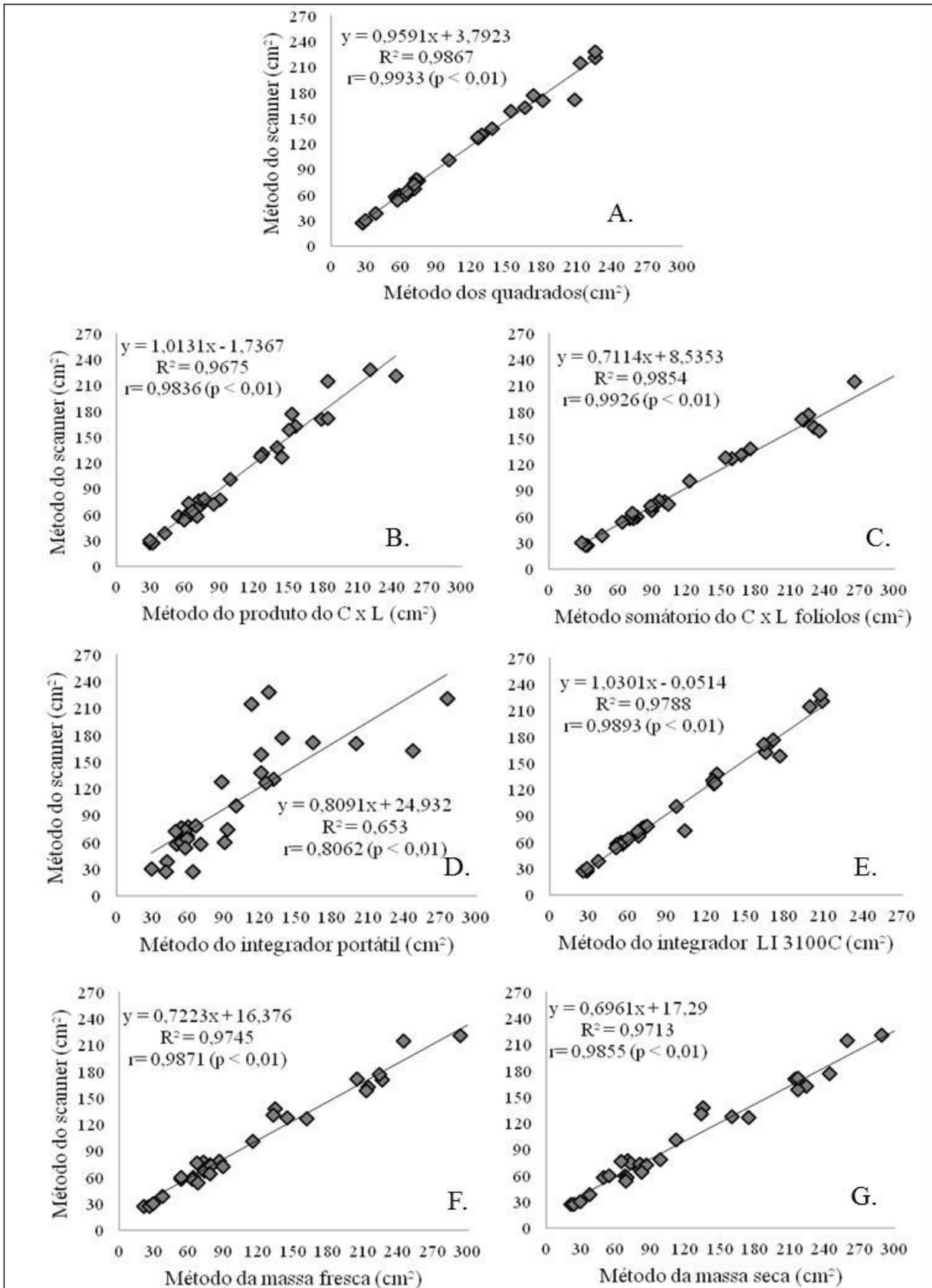


Figura 3 – Coeficiente de determinação (R^2) e correlação (r) e equações de ajuste da área foliar de morangueiro estimada pelos métodos dos quadrados (A), produto do C x L da folha (B), somatório do produto do C x L dos folíolos (C), integradores de área foliar portátil (D) e de bancada (E), da massa fresca (F) e seca dos discos foliares (G), Guarapuava-PR, 2013.

Influência de herbicidas do grupo das imidazolinonas em características fisiológicas de plantas cultivadas no inverno¹

Leandro Galon², Sergio Guimarães³, Anderson Moraes de Lima², Germani Concenço⁴, Ivan Renato Cardoso Krolow⁵, Evander Alves Ferreira⁶.

Resumo - Objetivou-se com o trabalho avaliar a influência de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas nas características relacionadas a fisiologia de espécies de inverno. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições. O fator A foi constituído pelas doses dos herbicidas (0, 1 e 2 vezes a dose recomendada) e o B pelos herbicidas (imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr) aplicados em pré-emergência de canola, festuca, azevém, cornichão, trevo branco e ervilhaca. Aos 60 dias após a emergência das plantas foram determinadas a massa seca da parte aérea, taxa de fotossíntese, concentração interna de CO₂ no mesófilo foliar, CO₂ consumido, taxa de transpiração, condutância estomática de vapores de água, eficiência no uso da água e gradiente térmico. O imazapic + imazapyr causou a morte de todas as espécies testadas, com exceção da ervilhaca. A mistura de imazethapyr + imazapic ocasionou redução de massa seca em todas as espécies e morte das plantas de canola, independente da dose avaliada. As características fisiológicas foram influenciadas pela ação dos herbicidas e das doses. A ervilhaca apresentou melhor comportamento frente aos herbicidas.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Arroz. Inibidores de ALS. Culturas de inverno.

Influence of imidazolinone herbicides on physiological traits of winter crops

Abstract - This study aimed to evaluate the influence of imidazolinone herbicides, usually applied to rice for control of red rice, on traits related to the physiology of winter crops. The experiment was installed in randomized blocks design, arranged in a 3 x 2 factorial scheme, with three replications. The first factor was composed by herbicide rates (0, 1 and 2 x the recommended dose) and factor B by the herbicides (imazethapyr + imazapic and imazapic + imazapyr) applied in pre-emergence of rapeseed, fescue, ryegrass, birdsfoot trefoil, white clover and vetch. At 60 days after emergence, shoot dry mass (g pot⁻¹), photosynthesis rate, CO₂ concentration in leaf mesophyll, consumed CO₂, stomatal conductance of water vapor, transpiration rate, temperature gradient and water use efficiency were evaluated. The mixture of imazapic + imazapyr caused death of all species tested, except vetch. The mixture of imazethapyr and imazapic caused reduction in dry mass for all plant species and plant death of rapeseed, independent of dose. Physiological traits were influenced by the action of herbicides and doses. Vetch performed better under application of the herbicides.

Key words: *Oryza sativa*. Rice. ALS inhibitors. Winter crops.

¹ Manuscrito recebido em 13/08/2014 e aceito para publicação em 06/10/2014.

² Eng. Agr. Doutor, Professor Adjunto, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Câmpus Erechim, Av. Dom João Hoffmann, 313, Bairro Fatima, CEP.: 99700-000, Erechim/RS, Tel.: (54) 3321-7060. E-mail: leandro.galon@uffs.edu.br. Bolsista em produtividade de Pesquisa do CNPq.

³ Acadêmico de agronomia da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Câmpus Itaqui, Itaqui/RS.

⁴ Pesquisador de Herbologia da Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados/MS.

⁵ Eng. Agr. Doutor, Pesquisador da Fepagro-Centro de Pesquisa Domingos Petrolino/Rio Grande/RS. Ivanrk.rk@ibest.com.br

⁶ Eng. Agr. Doutor, Bolsista PNPd, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Faculdade de Ciências Agrárias, Diamantina/MG.

Introdução

O arroz-vermelho é uma das espécies daninhas que infesta e causa os maiores prejuízos em lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, além de competir pelos recursos disponíveis no meio e ocasionar problemas na qualidade dos grãos colhidos. Por pertencer a mesma família e espécie do arroz cultivado o arroz-vermelho apresenta características morfofisiológicas e bioquímicas similares à cultura, e isso impede o uso de herbicidas para o controle químico em lavouras orizícolas, sob risco de dano à variedade cultivada. O controle de arroz-vermelho em arroz irrigado tornou-se possível em função do desenvolvimento de alguns genótipos tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, em especial às misturas compostas de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr aplicadas no sistema conhecido como Clearfield®.

Os herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas possuem características físico-químicas que lhes permitem persistir no ambiente por longos períodos (VENCILL, 2002). Essas características incluem, especialmente, os coeficientes de dissociação em meio ácido (pKa) e de partição octanol: água (k_{ow}), as quais regulam a dinâmica desses produtos no solo. Desse modo, esses herbicidas podem persistir no solo por período maior que o ciclo do arroz, provocando a intoxicação em culturas semeadas em sucessão (*carryover*) ou mesmo lixiviarem para camadas mais profundas no perfil do solo, podendo atingir o lençol freático.

Considerando que os referidos herbicidas inibem a enzima acetolactato sintase (ALS), impedindo a biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada - valina, leucina e isoleucina (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011), seus danos às plantas podem ser avaliados pela influência indireta sobre as variáveis associadas à fotossíntese.

A atividade fotossintética das plantas é influenciada direta ou indiretamente pela deficiência hídrica, pelo estresse térmico, pela concentração interna e externa de gases, pela composição e intensidade da luz (SHARKEY e RASCHKE, 1981) e, em maior grau, pelos danos causados por herbicidas, dentre outros fatores. De acordo com Dal Magro et al. (2006), as plantas podem apresentar diferentes respostas em função do herbicida aplicado, bem como da dose utilizada.

Objetivou-se com o trabalho avaliar a influência de herbicidas, pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas, nas características relacionadas a fisiologia de espécies de inverno.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em casa de vegetação da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Câmpus Itaqui/RS, nos meses de junho a agosto de 2011, em delineamento experimental de blocos casualizados arranjado em esquema fatorial 2 x 3, com quatro repetições. O fator A foi composto pelos herbicidas e o fator B pelas doses dos mesmos. Os herbicidas e doses foram: imazethapyr + imazapic – [(0,0; 1,0 e 2,0 L ha⁻¹) + Dash 0,5% v/v] e imazapyr + imazapic [(0,0; 140,0 e 280,0 g ha⁻¹) + Dash 0,5% v/v]. Ressalta-se que a dose comercial recomendada de imazethapyr + imazapic é de 1 L ha⁻¹ e de imazapyr + imazapic é de 140 g ha⁻¹ para o controle de arroz-vermelho em lavouras de arroz irrigado (SOSBAI, 2012). Os herbicidas e as doses dos mesmos foram aplicados sobre as espécies, *Brassica napus* (canola), *Festuca arundinacea* (festuca), *Lotus corniculatus* (cornichão), *Lolium multiflorum* (azevém), *Trifolium repens* (trevo branco) e *Vicia sativa* (ervilhaca), cultivadas na estação de inverno do Rio Grande do Sul para uso como pastagens, cobertura de solo ou para produção de grãos em rotação ou sucessão com as culturas semeadas no verão.

A aplicação dos herbicidas foi efetuada em pré-emergência, um dia após a semeadura das espécies (canola, festuca, cornichão, azevém, trevo branco e ervilhaca), utilizando-se para isso pulverizador costal de precisão, equipado com duas pontas de pulverização da série TT 110.02, o qual aspergiu volume de calda de 150 L ha⁻¹. A semeadura das espécies foi efetuada em vasos plásticos com capacidade para 6 dm³, preenchidos com solo PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico (Embrapa, 2006) que apresentou as seguintes características físicas e químicas: pH em água de 4,8; MO = 4,7 dag kg⁻¹; P = 6,8 mg dm⁻³; K = 48 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 4,76 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,03 cmol_c dm⁻³; CTC(t) = 6,4 cmol_c dm⁻³; CTC(T) = 15,6 cmol_c dm⁻³; H+Al = 9,7 cmol_c dm⁻³; V = 38%; e Argila = 20%, previamente corrigido e fertilizado de acordo com a recomendação (SOSBAI, 2010). Após a germinação das plantas efetuou-se o desbaste deixando-se quatro plantas por vaso. Aos 60 dias após a emergência foram realizadas

as avaliações da massa seca da parte aérea - MS (g/vaso), bem como as variáveis fisiológicas, das espécies. A MS foi determinada colhendo-se as plantas e acondicionando-se as mesmas em sacos de papel, sendo posteriormente postas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65 ± 5 °C até atingirem massa constante.

A taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), quantidade de CO_2 consumido ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), uso eficiente da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) e temperatura da folha ΔT (°C) foram determinadas no terço médio da primeira folha completamente expandida das plantas. Para isso foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), em casa de vegetação aberta, permitindo livre circulação do ar. Cada bloco foi avaliado em um dia, entre 8 e 10 horas da manhã, de forma que se mantivessem condições ambientais homogêneas durante as análises. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, quando significativos realizou-se teste de Tukey para comparação das médias. Todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Analisando o acúmulo de massa seca (MS) das plantas testadas (Tabela 1), observou-se que as espécies apresentaram comportamento diferenciado frente aos herbicidas utilizados. Canola e festuca não sobreviveram à aplicação de nenhuma das moléculas, independentemente da dose. Por outro lado, cornichão e trevo-branco não sobreviveram a aplicação da mistura de imazapic + imazapyr, porém quando submetidos a mistura de imazethapyr + imazapic, houve apenas redução no acúmulo de MS das plantas.

O comportamento diferencial dessas espécies frente aos herbicidas inibidores da enzima aceto lactato sintase (ALS) pode ser atribuído ao comportamento diferencial do imazethapyr frente ao imazapyr. Várias pesquisas relatam que os resíduos de imazethapyr podem ocasionar efeitos fitotóxicos em culturas semeadas em sucessão. Ulbrich et al. (2005), relatam que o efeito residual de imazethapyr sobre o milho em sucessão à soja foi mais evidente quando o cereal foi semeado durante o intervalo de 0 a 87 dias

após a aplicação de 80 g ha^{-1} do herbicida. Dan et al. (2011), observaram aos 7 dias após a emergência do milheto que esse apresentou clorose internerval e grande atraso no crescimento, chegando a 47,2% de fitotoxicidade ao se aplicar 100 g ha^{-1} , quando a cultura foi semeada no dia da aplicação do herbicida.

Plantas de azevém na presença de imazethapyr + imazapic apresentaram redução no acúmulo de massa seca da ordem de 61 e 82% quando cresceram sob aplicação da dose e do dobro da dose, respectivamente. Porém, quando cresceram em solo tratado com imazapic + imazapyr houve redução de 82% sob aplicação da dose cheia, e morte total das plantas com aplicação do dobro da dose. Ervilhaca foi a única espécie a tolerar a dose e o dobro das duas misturas herbicidas testadas, porém com significativa redução do acúmulo de MS.

A mistura de imazethapyr + imazapic ocasionou redução de 12 e 34% na MS, já imazapic + imazapyr reduziu em 42 e 55%, quando as plantas foram expostas a dose e o dobro da dose, respectivamente.

Pinto et al. (2009), observaram redução no acúmulo de MS em plantas de azevém, semeadas em sucessão a cultura do arroz, após três anos de cultivo de variedades Clearfield® com aplicação de imazethapyr + imazapic. Resultados divergentes foram encontrados por Villa et al. (2006), que observaram que a MS do azevém semeado em sucessão ao arroz Clearfield®, não foi reduzida pela atividade residual de imazethapyr + imazapic. Os autores atribuíram estes resultados ao excesso de palha de arroz-vermelho no tratamento testemunha, que ocasionou redução no crescimento e desenvolvimento do azevém.

O acúmulo de MS das plantas não se correlacionou diretamente com as características fisiológicas estudadas, porque o crescimento da planta é uma característica resultante da acumulação de biomassa desde a emergência até o momento da avaliação, portanto contínua, enquanto as características fisiológicas são análises pontuais e altamente dependentes das condições ambientais (GALON et al., 2010a), sendo úteis principalmente para inferências entre plantas avaliadas no mesmo momento, sob condições ambientais equivalentes. Apesar das imidazolinonas atuarem inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), essencial para a biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada - valina, leucina e isoleucina (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011), os danos às plantas causados

por herbicidas deste grupo podem ser avaliados pela sua influência indireta sobre as variáveis associadas à fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2009), pois estresses sofridos pela planta alteram este parâmetro de maneira direta ou indireta, dependendo da natureza do estresse e do metabolismo vegetal (GUREVITCH et al., 2009).

Houve redução da taxa fotossintética de ervilhaca e trevo-branco quando tratadas com a dose e o dobro da dose recomendada de imazethapyr + imazapic; por outro lado, as plantas de azevém apresentaram sua taxa fotossintética aumentada quando tratadas com a dose recomendada (Tabela 2). A taxa fotossintética não se relacionou com o acúmulo da MS, pois o aumento constatado na fotossíntese pode estar associado a um proporcional aumento da respiração, o que pode tornar a taxa de assimilação líquida (NAR) da planta nula (GARDNER et al., 1985).

A concentração interna de CO₂ (C_i) no mesófilo foliar das plantas de azevém e trevo-branco diminuiu na presença do dobro da dose recomendada de imazethapyr + imazapic (Tabela 3).

De maneira geral, foi observado comportamento inverso para o CO₂ consumido (Tabela 4), ou seja, os tratamentos que apresentaram maior consumo de CO₂ apresentavam menores valores de C_i. As demais espécies que sobreviveram não tiveram sua C_i e consumo de CO₂ afetado pelos herbicidas. Com base nestes parâmetros, pode-se inferir que as plantas que cresceram em solo com aplicação do dobro da dose de imazethapyr + imazapic, tiveram o crescimento inicial mais prejudicado que plantas que cresceram em solo com dose padrão do herbicida. Após 60 dias da aplicação, a degradação dos herbicidas na área com o dobro da dose, descrito pela curva de meia-vida do composto (ALISTER e KOGAN, 2010), muito provavelmente proporcionou redução das quantidades dos herbicidas no solo para níveis que permitiram a retomada do crescimento do azevém e do trevo-branco; devido a isto, provavelmente maior consumo de CO₂ pelo processo fotossintético e a consequente redução deste elemento no mesófilo foram registrados 60 dias após aplicação do dobro da dose de imazethapyr + imazapic.

A taxa de transpiração (Tabela 5) apresentou comportamento semelhante a condutância estomática (Tabela 6). As plantas de azevém apresentaram aumento na taxa de transpiração e

da condutância estomática quando cresceram na presença da dose recomendada de imazethapyr + imazapic, já as plantas de trevo-branco apresentaram redução das variáveis na presença do dobro da dose deste herbicida. A mistura de imazapic + imazapyr causou redução das variáveis em questão em ervilhaca na presença da dose recomendada. Alterações na taxa de transpiração estão relacionadas as variações na abertura estomática que ocasionam alterações no potencial hídrico (BRODRIBB e HILL, 2000). A eficiência no uso da água não foi alterada nas espécies sobreviventes, independentemente da dose e dos herbicidas testados (Tabela 7). O uso eficiente da água representa a quantidade de CO₂ fixado para a produção de MS, em função da quantidade de água transpirada no mesmo período (SILVA et al., 2007).

As plantas de azevém e trevo-branco, na presença do dobro da dose recomendada de imazethapyr + imazapic para o controle de arroz vermelho, apresentaram aumento do gradiente térmico (ΔT) ao redor 1 C; resultado semelhante foi observado para ervilhaca quando tratada com imazapic + imazapyr (Tabela 8). O ΔT expressa quantos graus a temperatura da folha se encontra acima da temperatura ambiente no momento da avaliação, podendo ser diretamente correlacionado com a intensidade metabólica do vegetal, quando as condições ambientais forem próximas das adequadas ao desenvolvimento da espécie, e na ausência de outros estresses além do tratamento avaliado (CONCENÇÃO et al., 2009).

A temperatura da folha, de maneira geral, é igual ou superior a temperatura do ar circundante (Tabela 8). O metabolismo do vegetal pode incrementar a temperatura da folha acima da temperatura ambiente, sendo este gradiente diretamente relacionado a intensidade do metabolismo do vegetal. Assim, o aumento do metabolismo pode ser indiretamente aferido em função do gradiente entre a temperatura da folha e do ar ao seu redor. Normalmente essa diferença é de somente um ou dois graus, mas em casos extremos, pode exceder a 5°C (ATKIN et al., 2000; TAIZ e ZEIGER, 2009). Por outro lado, o processo transpiratório atua como um resfriador, contra-balanceando parte do aumento na temperatura decorrente do metabolismo da planta (GALON et al., 2010b) fazendo com que a relação ΔT /metabolismo nem sempre seja direta. Nas plantas que não apresentaram diferenças no ΔT , pode-se inferir que o metabolismo, de maneira geral, foi pouco afetado pelos herbicidas após 60 dias de sua aplicação ao solo.

De acordo com Santos et al. (2007) o uso de dose elevada de imazethapyr + imazapic, dependendo das condições edafoclimáticas e do manejo e tratos culturais efetuados na lavoura, pode potencializar problemas de resíduos do herbicida no solo, ocasionando prejuízos para o arroz semeado no ano agrícola seguinte, caso o produtor opte por um cultivar não-tolerante, ou para o crescimento e desenvolvimento de outras culturas, como azevém, sorgo e milho.

A utilização de espécies não-tolerantes pode ser comprometida caso o intervalo entre a aplicação de imazethapyr e a semeadura da cultura em rotação não seja observado (WILLIAMS et al., 2002). Nos EUA, onde o sistema Clearfield® foi desenvolvido, recomenda-se a utilização do herbicida imazethapyr por dois anos consecutivos, deixando o solo em pousio por, no mínimo, um ano. Para o cultivo de arroz não-tolerante, preconiza-se que seja semeado a partir do décimo oitavo mês após a aplicação de imazethapyr (WILLIAMS et al., 2002).

Conclusões

A mistura de imazapic + imazapyr causou a morte de todas as espécies testadas, com exceção da ervilhaca. A mistura de imazethapyr + imazapic causou redução de massa seca em todas as espécies vegetais e morte das plantas de canola, independente da dose avaliada. As características fisiológicas foram influenciadas pela ação dos herbicidas e das doses utilizadas. Ervilhaca apresentou melhor comportamento frente aos herbicidas, porém são necessários maiores estudos para avaliar a sua capacidade de tolerar resíduos de herbicidas em solos contaminados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de auxílio financeiro a pesquisa (processo n.: 483564/2010-9) e a concessão de bolsas.

Referências

ALISTER, C.; KOGAN, M. Rainfall effect on dissipation and movement of diuron and simazine in a vineyard soil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1059-1071, 2010.

ATKIN, O. K.; EVANS, J. R.; BALL, M. C. et al. Leaf respiration of snow gum in the light and

dark. Interactions between temperature and irradiance. **Plant Physiology**, Leipzig, v. 122, n. 3, p. 915-923, 2000.

BRODRIBB, T. J.; HILL, R. S. Increases in water potential gradient reduce xylem conductivity in whole plants. Evidence from a low-pressure conductivity method. **Plant Physiology**, Leipzig, v. 123, n. 3, p. 1021-1028, 2000.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZU, I. et al. Uso da água por plantas de arroz em competição com biótipos de *Echinochloa crusgalli* resistente e suscetível ao quinclorac. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 249-256, 2009.

DAL MAGRO, T.; AGOSTINETTO, D.; PINTO, J. J. O. et al. Efeito de deriva simulada de herbicida inibidor de ALS nos componentes da produtividade do arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 805-812, 2006.

DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L. et al. Atividade residual de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 663-671, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

GALON, L.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A. et al. Eficiência de uso da água em genótipos de cana-de-açúcar submetidos a aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 777-784, 2010a.

_____; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. et al. Influência de herbicidas na atividade fotossintética de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 591-597, 2010b.

GARDNER, F. P.; PEARCE, R. B.; MITCHELL, R. L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University Press, 1985. 328 p.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 574 p.

- PINTO, J. J. O.; NOLDIN, J. A.; MACHADO, A. et al. Milho (*Zea mays*) como espécie bioindicadora da atividade residual de (imazethapyr + imazapic). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, p. 1005-1014, 2009.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. R. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Edição dos Autores, 2011. 697 p.
- SANTOS, F. M.; MARCHESAN, E.; MACHADO, S. L. O. et al. Controle químico de arroz-vermelho na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 405-412, 2007.
- SHARKEY, T. D.; RASCHKE, K. Effect of light quality on stomatal opening in leaves of *Xanthium strumarium* L. **Plant Physiology**, Leipzig, v. 68, n. p.1170-1174, 1981.
- SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. et al. Biologia de plantas daninhas. In: _____.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 17-55.
- SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves, 2010. 188 p.
- _____. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 29., 2012, Gravatal. **Anais...** Gravatal, 2012. 188 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2009. 719 p.
- ULBRICH, A. V.; SOUZA, R. P.; SHANER, D. Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. **Weed Technology**, Lawrence, v. 19, n. 4, p. 986-991, 2005.
- VENCILL, W. K. **Herbicide handbook**. 8.ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2002. 493 p.
- VILLA, S. C. C.; MARCHEZAN, E.; MASSONI, P. F. S. et al. Controle de arroz-vermelho em dois genótipos de arroz (*Oryza sativa*) tolerante/resistente a herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 549-555, 2006.
- WILLIAMS, B. J.; STRAHAN, R.; WEBSTER, E. P. Weed management systems for Clearfield Rice. **Louisiana Agriculture**, Baton Rouge, v. 45, n. 1, p. 16-17, 2002.

Tabela 1 - Massa seca da parte aérea (g/vaso) de espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr em pré-emergência. Unipampa, Câmpus Itaqui, 2011.

Espécies	Dose múltipla da recomendada (L ou kg ha ⁻¹)	Herbicidas	
		imazethapyr + imazapic	imazapic + imazapyr
Azevém	0,0	18,2 Aa ¹	18,2 Aa
	1,0	7,1 Ba	3,3 Bb
	2,0	3,2 Ca	0,0 Cb
Cornichão	0,0	2,0 Aa	2,0 Aa
	1,0	0,7 Ba	0,0 Bb
	2,0	0,5 Ba	0,0 Bb
Trevo-branco	0,0	4,0 Aa	3,8 Aa
	1,0	1,8 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,6 Ca	0,0 Bb
Festuca	0,0	6,4 Aa	6,5 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Ervilhaca	0,0	11,8 Aa	11,4 Aa
	1,0	10,4 Ba	6,7 Bb
	2,0	7,8 Ca	5,1 Cb
Canola	0,0	11,5 Aa	11,3 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Média Geral		3,63	
CV (%)		5,73	

¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Taxa fotossintética (µmol m⁻² s⁻¹) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr em pré-emergência. Unipampa, Câmpus Itaqui, 2011.

Espécies	Dose múltipla da recomendada (L ou kg ha ⁻¹)	Herbicidas	
		imazethapyr + imazapic	imazapic + imazapyr
Azevém	0,0	5 Ba ¹	4 Bb
	1,0	7 Aa	5 Ab
	2,0	4 Ba	0 Cb
Cornichão	0,0	7 Aa	5 Ab
	1,0	7 Aa	0 Bb
	2,0	6 Aa	0 Bb
Trevo-branco	0,0	8 Aa	6 Ab
	1,0	7 Ba	0 Bb
	2,0	7 Ba	0 Bb
Festuca	0,0	6 Aa	5 Ab
	1,0	0 Ba	0 Ba
	2,0	0 Ba	0 Ba
Ervilhaca	0,0	6 Aa	5 Aa
	1,0	4 Ba	4 Aa
	2,0	5 Aa	5 Aa
Canola	0,0	8 Aa	5 Ab
	1,0	0 Ba	0 Ba
	2,0	0 Ba	0 Ba
Média Geral		3,6	
CV (%)		12,71	

¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Concentração interna de CO₂ (μmol mol⁻¹) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr em pré-emergência. Unipampa, Câmpus Itaqui, 2011.

Espécies	Dose múltipla da recomendada (L ou kg ha ⁻¹)	Herbicidas	
		imazethapyr + imazapic	imazapic + imazapyr
Azevém	0,0	386,3 Aa ¹	373,7 Ab
	1,0	383,3 Aa	370,0 Ab
	2,0	379,0 Ba	0,0 Bb
Cornichão	0,0	383,7 Aa	375,3 Ab
	1,0	383,3 Aa	0,0 Bb
	2,0	381,0 Aa	0,0 Bb
Trevo-branco	0,0	382,7 Aa	376,3 Ab
	1,0	380,7ABa	0,0 Bb
	2,0	378,0 Ba	0,0 Bb
Festuca	0,0	379,0 Aa	372,7 Ab
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Ervilhaca	0,0	375,0 Aa	371,3 Ab
	1,0	375,3 Aa	368,7 Ab
	2,0	374,7 Aa	367,7 Ab
Canola	0,0	378,7 Aa	376,0 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Média Geral		240,89	
CV (%)		0,88	

¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Quantidade de CO₂ consumido (μmol mol⁻¹), nas espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr em pré-emergência. Unipampa, Câmpus Itaqui, 2011.

Espécies	Dose múltipla da recomendada (L ou kg ha ⁻¹)	Herbicidas	
		imazethapyr + imazapic	imazapic + imazapyr
Azevém	0,0	12,7 Bb ¹	16,0 Aa
	1,0	11,0 Bb	17,0 Aa
	2,0	16,0 Aa	0,0 Bb
Cornichão	0,0	12,7 Ab	14,7 Aa
	1,0	11,7 Aa	0,0 Bb
	2,0	12,7 Aa	0,0 Bb
Trevo-branco	0,0	11,0 Ba	10,3 Aa
	1,0	11,7 ABa	0,0 Bb
	2,0	13,7 Aa	0,0 Bb
Festuca	0,0	12,7 Aa	13,7 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Ervilhaca	0,0	15,3 Aa	14,0 Ba
	1,0	14,7 Aa	16,3 Aa
	2,0	15,3 Aa	15,0 ABa
Canola	0,0	8,7 Aa	9,0 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Média Geral		8,48	
CV (%)		13,91	

¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5 - Taxa de transpiração ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr em pré-emergência. Unipampa, Câmpus Itaqui, 2011.

Espécies	Dose múltipla da recomendada (L ou kg ha^{-1})	Herbicidas	
		imazethapyr + imazapic	imazapic + imazapyr
Azevém	0,0	1,05 Ba ¹	1,26 Aa
	1,0	1,59 Aa	1,15 Ab
	2,0	0,98 Ba	0,0 Bb
Cornichão	0,0	1,61 Ab	2,3 Aa
	1,0	1,75 Aa	0,0 Bb
	2,0	1,56 Aa	0,0 Bb
Trevo-branco	0,0	2,24 Ab	3,17 Aa
	1,0	2,22 Aa	0,0 Bb
	2,0	1,85 Ba	0,0 Bb
Festuca	0,0	1,76 Ab	2,19 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Ervilhaca	0,0	1,95 Ab	2,71 Aa
	1,0	1,77 Ab	2,35 Ba
	2,0	1,90 Ab	2,99 Aa
Canola	0,0	3,27 Ab	4,17 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Média Geral		1,33	
CV (%)		11,88	

¹Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Condutância estomática de vapores de água ($\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr em pré-emergência. Unipampa, Câmpus Itaqui, 2011.

Espécies	Dose múltipla da recomendada (L ou kg ha^{-1})	Herbicida	
		imazethapyr + imazapic	imazapic + imazapyr
Azevém	0,0	0,13 Ba ¹	0,08 Aa
	1,0	0,25 Aa	0,15 Ab
	2,0	0,11 Ba	0,0 Bb
Cornichão	0,0	0,22 Aa	0,2 Aa
	1,0	0,25 Aa	0,0 Bb
	2,0	0,19 Aa	0,0 Bb
Trevo-branco	0,0	0,36 Aa	0,36 Aa
	1,0	0,29 Ba	0,0 Bb
	2,0	0,21 Ca	0,0 Bb
Festuca	0,0	0,23 Aa	0,18 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Ervilhaca	0,0	0,16 Aa	0,19 ABa
	1,0	0,14 Aa	0,15 Ba
	2,0	0,15 Ab	0,25 Aa
Canola	0,0	0,58 Aa	0,54 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Média Geral		0,15	
CV (%)		25,26	

¹Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Uso eficiente da água (mol CO₂ mol H₂O⁻¹) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr em pré-emergência. Unipampa, Câmpus Itaqui, 2011.

Espécies	Dose múltipla da recomendada (L ou kg ha ⁻¹)	Herbicidas	
		imazethapyr + imazapic	imazapic + imazapyr
Azevém	0,0	4,8 Aa ¹	2,7 Ab
	1,0	4,1 Aa	3,5 Aa
	2,0	4,6 Aa	0,0 Bb
Cornichão	0,0	4,1 Aa	2,3 Ab
	1,0	3,9 Aa	0,0 Bb
	2,0	4,0 Aa	0,0 Bb
Trevo-branco	0,0	3,7 Aa	2,0 Ab
	1,0	3,2 Aa	0,0 Bb
	2,0	3,8 Aa	0,0 Bb
Festuca	0,0	3,4 Aa	2,1 Ab
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Ervilhaca	0,0	2,8 Aa	1,8 Ab
	1,0	2,4 Aa	1,8 Aa
	2,0	2,8 Aa	1,6 Ab
Canola	0,0	2,3 Aa	1,3 Ab
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Média Geral		1,9	
CV (%)		30,1	

¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Temperatura da folha ΔT (°C), das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr em pré-emergência. Unipampa, Câmpus Itaqui, 2011.

Espécies	Dose múltipla da recomendada (L ou kg ha ⁻¹)	Herbicidas	
		imazethapyr + imazapic	imazapic + imazapyr
Azevém	0,0	20,4 Bb ¹	24,6 Ba
	1,0	21,0 Bb	25,3 Aa
	2,0	21,7 Aa	0,0 Cb
Cornichão	0,0	21,3 Ab	25,5 Aa
	1,0	21,0 Aa	0,0 Bb
	2,0	21,4 Aa	0,0 Bb
Trevo-branco	0,0	21,7 Bb	25,3 Aa
	1,0	22,1 Ba	0,0 Bb
	2,0	22,7 Aa	0,0 Bb
Festuca	0,0	22,6 Ab	25,5 Aa
	1,0	0,0 Ba	0,0 Ba
	2,0	0,0 Ba	0,0 Ba
Ervilhaca	0,0	24,7 Ab	27,2 Ba
	1,0	24,8 Ab	27,6 ABa
	2,0	25,2 Ab	27,9 Aa
Canola	0,0	23,8 Ab	26,3 Aa
	1,0	0,0 Aa	0,0 Ba
	2,0	0,0 Aa	0,0 Ba
Média Geral		15,27	
CV (%)		2,08	

¹ Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Seeding densities and productivity of rice cultivars in the West Border of Rio Grande do Sul State, Brazil¹

Willians Moraes Cereta Bernardes², Leandro Galon³, Amauri Nelson Beutler², Glauber Monçon Fipke², Ignacio Aspiazú⁴, Germani Concenço⁵, Sérgio Guimarães², Anderson Moraes de Lima²

Abstract - The objective of this work was to study the influence of different seeding rates and cultivars over flooded rice yield at the west border of Rio Grande do Sul State. The experimental design was a randomized blocks with four replicates. The treatments were arranged in factorial scheme 4 x 3, in which factor A was the seeding rate (40, 60, 80 and 100 kg ha⁻¹) and B the cultivars (BR-IRGA 409, Olimar and Puitá Inta-CL). The increase in seeding rate from 40 to 100 kg ha⁻¹ reduces linearly the tilled number, filled, total grains for panicle and number of panicle per m². The greater rice grains yield in cultivars Olimar and Puitá Inta-CL is obtained in seeding rate of 66 and 77 kg ha⁻¹ respectively. On the other hand, the yield of cultivar BR-IRGA 409 was not influenced by seeding rate. The yield grain was greater in cultivar Puitá Inta-CL, except with the seeding rate of 80 kg ha⁻¹, in which it was the second most productive cultivar.

Key words: *Oryza sativa*. Plant population. Genotype. Yield

Densidade de semeadura e produtividade de cultivares de arroz na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo - O objetivo deste trabalho foi estudar a influência de densidades de semeadura e cultivares na produtividade de arroz irrigado por inundação na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. O delineamento experimental foi em blocos causalizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4 x 3, onde o Fator A foi composto pelas densidades de semeadura (40, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹) e o B pelas cultivares (BR-IRGA 409, Olimar e Puitá Inta-CL). O aumento na densidade de semeadura de 40 a 100 kg ha⁻¹ reduz linearmente o número de perfilhos por planta, o número de grãos cheios e total por panícula e o número de panículas por m². A maior produtividade de grãos de arroz para a cultivar Olimar e Puitá Inta-CL é obtida na densidade de semeadura de 77 e 66 kg ha⁻¹, respectivamente, e a produtividade da cultivar BR-IRGA 409 não é influenciada pela densidade de semeadura. A produtividade de grãos é superior na cultivar Puitá Inta-CL, exceto na densidade de semeadura de 80 kg ha⁻¹, em que esta é a segunda cultivar mais produtiva.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. População de plantas. Cultivares. Rendimento

¹ Manuscrito submetido em 14/08/2014 e aceito para publicação em 14/10/2014.

² Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, Rua Luiz Joaquim de Sá Brito, s/n, CEP 97650-000, Itaqui, RS. E-mail: pop.willians@gmail.com, amaurib@yahoo.com.br, glauberfipke@yahoo.com.br, sergioguimaraess@hotmail.com andersonmoraes@gmail.com

³ Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, Rodovia RS 135, km 72, CEP 99700-000, Erechim, RS. E-mail: leandro.galon@uffs.edu.br

⁴ Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), CEP 39401-089, Janaúba, MG. E-mail: aspiazu@gmail.com

⁵ Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO, BR 163, km 253,6. Caixa Postal nº 449, CEP 79804-970, Dourados, MS. Telefone: (67) 3416-9700 E-mail: germani@cpao.embrapa.br

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the main crops in economic, dietary, social and cultural importance in many countries worldwide. In Brazil, 70% of rice production comes from the Southern region, the states of Rio Grande do Sul (RS) with 61% and 9% in Santa Catarina (SC), where rice is irrigated and the highest productivities are obtained. In RS, the West Border stands out as the region that most produces rice, especially in Uruguaiana city, followed by Itaquí (SOSBAI, 2010).

Despite having the largest area planted with irrigated rice, RS needs technologies to achieve higher productivities, especially in the West Border. Among these, the spatial distribution of rice plants in a field is an easy to perform management practice. Appropriate spatial arrangement of the plants and densities promotes more uniform occupation of space, reducing intraspecific competition and favoring the use of environmental factors, such as solar radiation, and inputs, which contributes to of grain productivity increase (PESKE et al., 2004). Moreover, the correct spatial arrangement facilitates weed management, since there is the need to control these species in the rice crop, and sowing in the densities recommended by the research for each cultivar may reduce the use of herbicides, which is the most commonly used control method in rice fields (AGOSTINETTO et al., 2010).

Franco et al. (2011) verified that in the density of 150 kg ha⁻¹ of seeds, the cultivars BRS Atalanta and BRS Pelota produced lower number of grains per panicle, smaller panicles and higher number of panicles per square meter, due to higher competition among the plants, compared to the density of 90 kg ha⁻¹. In the lower density, there was a higher number of panicles per plant, reflecting the higher tillering capacity of plants in low sowing densities. However, there was no difference in grain productivity when increasing sowing density. Mariot et al. (2003) also did not found any difference in rice grain productivity when sowing densities varied from 50 to 200 kg ha⁻¹ for the cultivars BR-IRGA 410 and IRGA 417. Lima et al. (2010) verified that irrigated rice, cultivar IAC 102, independently of the contribution from the main stem and the tillers, due to increases in sowing density, from 100 to 600 seeds m⁻², did not show any difference in grain productivity because of densities, due to the plasticity that exists between rice production

components, in which there is a compensation effect.

Some studies have shown that densities from 100 to 200 kg ha⁻¹ of rice seeds increased the initial population of plants and the number of stems and panicles per area unit in relation to lower densities without, however, resulting in increased grain productivity for different cultivars (SOUSA et al., 1995; MARIOT et al., 2003, LIMA et al., 2010). Nevertheless, genotype and edaphoclimatic conditions interfere with productivity components and grain productivity (WU et al., 1998). In dryland rice, increased productivity was obtained at a density of 81 rice seeds per meter, compared to 50 and 110 seeds per meter, in which the number of panicles m⁻² was the maximum (CARVALHO et al., 2008).

The plant stand established in a rice field is a key factor to achieve high productivity, so a low initial density of plants can compromise it, because secondary or tertiary tillers produce panicles with fewer grains. Moreover, excessive amounts of plants can cause lower productivity by the occurrence of diseases due to less penetration of sunlight within the community of plants, together with the stimulus to lodging. Therefore, low plant density as well as high density can negatively impact the yield potential of an irrigated rice cultivar. The ideal population for most cultivars range from 150 to 300 plants m⁻² (SOSBAI, 2010).

Studies indicate that between 600-800 panicles per m² are needed to obtain high productivity, which is obtained with 100 to 120 kg ha⁻¹ of seeds (SOSBAI, 2010). This quantity of seeds can also be reduced if management conditions are adequate, the seeds have excellent quality and high performance, are treated (fungicides, insecticides, hormones), well distributed in the soil and have adequate moisture for germination. The use of low seed density allows the producer to save money, obtain seeds with better quality and lower production costs (MENEZES et al., 2004).

The seeding density recommended by research for Rio Grande do Sul, for conventional cultivars in conventional and minimum tillage systems is 80 to 120 kg ha⁻¹ of viable seeds (SOSBAI, 2010). However, there are few studies on environmental conditions and cultivars at the West Border of RS.

Rice grain productivity, in addition to being influenced by the spatial distribution, is related to management and cultivar or even to the adaptation of the genotype to the seeding region.

In this context, there are still cultivars that are most valued by industry for the excellent qualities of the grain. Among these, stands the cultivar BR-IRGA 409, launched in 1979 in a partnership between the Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brazilian Agricultural Research Corporation, Embrapa) and the Instituto Rio Grandense do Arroz (Rio Grandense Rice Institute, IRGA), because of its high productivity, resistance to pathogens and good milling productivity (SOSBAI, 2010).

Another decisive factor when choosing the rice cultivar is the increasing infestation of red and black rice that led to the development of biotypes that are tolerant to herbicides used to control these weeds. The products used to control weedy rice belong to the chemical group of imidazolinones, which act on the enzyme acetolactate synthase (ALS). This technology was called Clearfield® system, being the cultivar Puitá Inta-CL of the second generation launched in 2008, resistant to the herbicides imazethapyr + imazapic and imazapic + imazapyr (ALS inhibitors), intensively cultivated in the RS (SOSBAI, 2010).

Although numerous cultivars are available on the market, rice farmers imported the cultivar Olimar from Uruguay, which has good size and good grain productivity. This cultivar is spreading through the region with high productivity densities and grain quality.

In the West Border of RS, cultivars BR-IRGA 409, Puitá Inta-CL and Olimar are the most widely cultivated due to its adaptation to the region, productivity and quality of harvested grain.

The production per unit area constitutes a determining factor in economic return for the support of farmers. Each cultivar should be related to an appropriate population for maximum productivity performance. Intraspecific competition determines in each cultivar the population of plants that provides higher performance and better utilization of available resources (WU et al., 1998; AGOSTINETTO et al., 2010).

Rice farmers in the West Border are reducing seed density to amounts lower than 100 kg ha⁻¹. However, more information is needed about the main varieties of irrigated rice grown in flooded system in this region, which is the leading producer of this commodity in Brazil.

The objective of this work was to study the influence of seeding densities and cultivars on the

productivity of flooded rice in West Border of RS.

Material and Methods

The experiment was conducted in Itaquí, RS, during the agricultural year 2010/11, in the geographical coordinates 29° 11' 24" S and 56° 32' 38" W, at 95 m of altitude. The soil was classified as Haplic Plinthosol (EMBRAPA, 2013).

The experimental design was in randomized blocks, with four replications. The treatments were arranged in a 4 x 3 factorial, in which factor A was composed of seeding densities (40, 60, 80 and 100 kg ha⁻¹) and B by cultivars (BR-IRGA 409, Olimar and Puitá Inta-CL.) The experimental units consisted of 3 m wide by 5 m long plots, containing 13 lines of rice.

The soil was prepared with conventional tillage system with plowing and harrowing before sowing. The seeds were sown on October 15, 2010 at a 0.17 m spacing between rows. Fertilization was 150 kg ha⁻¹ of MAP (monoammonium phosphate) at sowing, 150 kg ha⁻¹ of KCl (potassium chloride) applied 30 days after sowing and 150 kg ha⁻¹ of urea in two aerial applications, being the first of 80 kg ha⁻¹, 20 days after germination and before the entry of water (11/20/2010) and the second of 70 kg ha⁻¹, before rice flowering. Fertilization was performed according to the recommendations for irrigated rice (SOCIEDADE..., 2004).

Evaluations included the number of tillers per plant at 60 days after emergence, number of sterile, full and total grains per panicle, in 10 panicles per plot and number of panicles in an area of 0.25 m². Grain productivity was determined in an area of 2 m² per plot when the grains have reached 22% humidity, being then corrected to 13%.

The results were subjected to analysis of variance by F test, and being significant to the quantitative factor, regression analysis was performed and the Tukey test for qualitative comparison of means at 5% level of probability.

Results and Discussion

The number of tillers decreased linearly with increasing sowing density from 40 to 100 kg ha⁻¹, for the three cultivars (Figure 1A). This is due to intraspecific competition, since the greater the number of individuals in the same area, the greater the competition for available resources in

the environment, causing a reduction of tillering. In rice there is plasticity, in which a competitive and compensatory effect between the tillers and the productivity components promotes stability of grain productivity to a particular genotype in a population range of plants (WU et al., 1998). Lima et al. (2010) found in rice cultivar IAC 102 that the increase of sowing density from 200 to 600 seeds m^2 decreases tillering and leads to greater participation of the main stems, however not resulting in increased productivity due to the plasticity of the rice plants, which provides the adjustment of productivity components. The reduction of tillering with increasing seed density was observed in several studies (SOUSA et al., 1995; MARIOT et al., 2003; MARZARI, 2005; AGOSTINETTO et al., 2010, LEE et al., 2010).

According to Peske et al. (2004), rice fields with better seed distribution enable a better use of soil nutrients and sunlight by plants, factors which influence the production. As the seeding density is increased, the number of tillers per plant tends to decrease, and the number of stems per square meter does not suffer major changes.

In the 40 $kg\ ha^{-1}$ densities the cultivar Puitá Inta-CL tillered more, and at 60 and 80 $kg\ ha^{-1}$ densities the cultivar BR-IRGA 409 tillered more compared to 'Olimar' and 'Puitá Inta-CL', which did not differ between themselves, and at the 100 $kg\ ha^{-1}$ density there was no difference in the number of tillers among the varieties (Table 1).

Increasing rice seeding density starting from 60 $kg\ ha^{-1}$ resulted in an increase in the number of sterile grains in the three cultivars (Figure 1B). Similar results were obtained in other studies such as Mariot et al. (2003), Marques (2005) and Lima et al. (2010), who found that increasing the density of plants per m^2 decreases spikelet fertility. The increase in sterile grain per panicle at higher seeding densities is related to intraspecific competition, in which plants compete for resources such as light, nutrients, CO_2 and water available in the environment, with lower production of photoassimilates and filled grains (RIEFFEL NETO et al., 2000).

The number of total and filled grains per panicle decreased as seeding density increased from 40 to 100 $kg\ ha^{-1}$ (Figure 1C, D), corroborating the results found by Mariot et al. (2003). Increasing seeding density promoted highest number of seedlings, stems and panicles per unit area and cause reduction in the number of grains per panicle because the competition that exists among plants, which reduces the photosynthetic activity and results in less

accumulation of photoassimilates per plant, generating deficit to different plant organs (CANELLAS et al., 1997).

The cultivar Puitá Inta-CL, in all densities, showed a higher number of total and filled grains, followed by 'Olimar' and 'BR-IRGA 409' (Table 1). The cultivar BR-IRGA 409 had fewer filled grains in all seeding densities.

The number of rice panicles decreased linearly with increasing seeding density in the three cultivars and with greater intensity in the cultivar BR-IRGA 409, from 416 to 249 panicles per m^2 , in seeding density of 40 and 100 $kg\ ha^{-1}$, respectively (Figure 2A). This highlights the importance of using tillering in rice to obtain greater number of panicles per area, confirming results obtained by Sousa et al. (1995) and Carvalho et al. (2008).

Sousa et al. (1995) found that at low rice seeding densities the compensation capacity is associated with increased number of panicles per area and there is an increase in productivity per panicle. On the other hand, Marzari (2005) found that there is a reduction in the number of panicles with increased density until reaching a minimum, then, with increasing density, there is an increase in the number of panicles, but there is a reduction in the number of grains per panicle. In studies of Lima et al. (2010) with the rice cultivar IAC 102, there was an increase in the number of panicles per m^2 with an increase in seeding density. However, for the evaluated cultivars, it was found a decrease in the number of panicles and number of grains per panicle with increasing seeding density for three of them, suggesting that they have different behaviors in relation to seeding density.

Regarding the cultivars, for the number of panicles per area, it was observed that 'Puitá Inta-CL' had the highest value, 'Olimar' was an intermediate and 'BR-IRGA 409' had the smaller value (Table 2). The higher number of panicles of 'Puitá Inta-CL' occurs mainly because it is a modern cultivar, with high productivity rates compared to 'BR-IRGA 409' and 'Olimar'.

Grain productivity was not different in the seeding rate from 40 to 100 $kg\ ha^{-1}$ for the cultivar BR-IRGA 409 (Figure 2B). Cultivars Olimar and Puitá Inta-CL showed a quadratic behavior, with higher productivities at 77 and 66 $kg\ ha^{-1}$ seeding densities, respectively. In these densities, grain productivity of the cultivars Olimar and Puitá Inta-CL were 10,250 and 10,769 $kg\ ha^{-1}$ respectively, and above the state average of 6,452 $kg\ ha^{-1}$ (SOSBAI, 2010).

According to Peske et al. (2004), in rice fields with better seed distribution, there is a better plant development, because they use the available resources in the environment as nutrients, light, CO₂ and water, more efficiently what influences how the cultivars can express all their productive potential. At appropriate densities, there is less competition between plants, and the crop will provide photoassimilates to grain filling and less for the maintenance of a large amount of green mass, resulting in higher grain productivity.

The higher productivities in the cultivars Olimar and Puitá Inta-CL were obtained at densities below the recommended, 80 to 120 kg ha⁻¹ (SOSBAI, 2010), and used in the West Border of Rio Grande do Sul, which is 100 kg ha⁻¹. This allows to infer that it is necessary an optimal seeding density and that, when the density is very high, there is a decrease in the number of panicles per area and number of grains per panicle formed, reflecting in a decrease in productivity for these two cultivars. According to Donald (1963), competition between plants at high densities can be so severe that a considerable number of plants can end up not surviving, and many are harmed by intraspecific competition with consequent reduced individual productions.

For cultivars BR-IRGA 410 and IRGA 417 increasing from 50 to 200 kg ha⁻¹ seeding density resulted in no significant difference in productivity, in different soil and climatic conditions (MARIOT et al., 2003). These results found for the cultivar BR-IRGA 409, which showed no difference in productivity in the seeding density that ranged from 40 to 100 kg ha⁻¹. In this context, it is also necessary to consider that the answer to the density varies according to place of cultivation and genotype, according to Counce (1987), which explains why the cultivar BR-IRGA 409 do not show any response to seeding densities. Valério et al. (2009), studying wheat genotypes, found that in those who had high tillering lower seeding densities provide better productivities.

The cultivar Puitá Inta-CL showed higher grain productivity compared to the others, except for the 80 kg ha⁻¹ density, in which it was the second most productive, after 'Olimar' (Table 2). This is in accordance with the number of panicles per area, because the cultivar Puitá Inta-CL showed a higher number, in function of its characteristics.

Concluding this study, it was found that each cultivar has ideal seeding densities for growing

and differentiated behavior in relation to the production components, as also discussed by Counce (1987) and Rieffel Neto et al. (2000). The cultivars Olimar and Puitá Inta-CL, densities smaller than 80kg ha⁻¹ resulted in higher grain productivity. A high plant population does not ensure high productivities, because in this condition fewer panicles and grains per panicle are produced.

Conclusions

1. Increasing seeding density from 40 to 100 kg ha⁻¹ linearly reduces the number of tillers per plant, the number of filled grains per panicle and the total number of panicles per m².

2. The highest productivities for the cultivars Olimar and Puitá Inta-CL are obtained in the 77 and 66 kg ha⁻¹ seeding densities respectively, and the productivity of the cultivar BR-IRGA 409 is not influenced by seeding densities.

3. The cultivar Puitá Inta-CL shows a higher number of total filled grains per panicle, smaller number of sterile grains and higher number of panicles in densities 40 to 100 kg ha⁻¹.

Acknowledgements

The second author thanks the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and the third author the Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ/CNPq). The fifth author thanks the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) for the Bolsa de Incentivo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico (BIPDT).

References

- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, J. M. B. V. et al. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha**, v. 28, n. especial, p. 993-1003, 2010.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. de A.; MARCHEZAN, E. Efeito de práticas de manejo sobre o rendimento de grãos e a qualidade industrial dos grãos em arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 27, n. 3, p. 375-379, 1997.
- CARVALHO, J. A. de; SOARES, A. A.; REIS, M. de S. Produtividade e os componentes de produção da cultivar de arroz BRS MG Conai.

- Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 785-791, 2008.
- COUNCE, P. A. Asymptotic and parabolic yield and linear nutrient content responses to rice population density. **Agronomy Journal**, v. 79, n. 5, p. 864-869, 1987.
- DONALD, C. M. Competition among crop and pasture plants. **Advances in Agronomy**, v. 15, p. 1-117, 1963.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FRANCO, D. F.; CORREIA, L. A. V.; MAGALHÃES Jr., A. M. et al. Arranjo espacial de plantas e contribuição do colmo principal e dos perfilhos na produção de grãos do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, n. 1, p. 32-41, 2011.
- LIMA, E. do V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Participação do colmo principal e dos afillhos na produtividade do arroz irrigado, em função da densidade de semeadura. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 387-393, 2010.
- MARIOT, C. H. P.; SILVA, P. R. F. da; MENEZES, V. G. et al. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 233-241, 2003.
- MARQUES, J. B. B. **Qualidade fisiológica e densidade de semeadura em relação à produtividade de arroz**. Pelotas: UFPel, 2005. 56 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.
- MARZARI, V. **Influência da população de plantas, doses de nitrogênio e controle de doenças na produção e qualidade de grãos e sementes de arroz irrigado**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 2005. 75 p.
- MENEZES, V. G. (Coord.); MACEDO, V. R. M.; ANGHINONI, I. **Projeto 10: estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS**. Cachoeirinha: IRGA, Divisão de Pesquisa, 2004. 32 p.
- PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. S. A. **Produção de arroz irrigado**. Pelotas: Editora Universitária, 2004. 129 p.
- RIEFFEL NETO, S. R.; SILVA, P. R. F. da; MENEZES, V. G. et al. Resposta de genótipos de arroz irrigado ao arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2383-2390, 2000.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 394 p.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: Palotti, 2010. 188 p.
- SOUSA, R. O.; GOMES, A. da S.; MARTINS, J. F. da S. et al. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para arroz irrigado no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 2, p. 69-74, 1995.
- VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de. et al. Seeding density in wheat genotypes as a function of tillering potential. **Scientia Agrícola**, v. 66, n. 1, p. 28-39, 2009.
- WU, G.; WILSON, L.; McCLUNG, A. M. Contribution of rice tillers to dry matter accumulation and yield. **Crop Science**, v. 90, n. 3, p. 317-323, 1998.

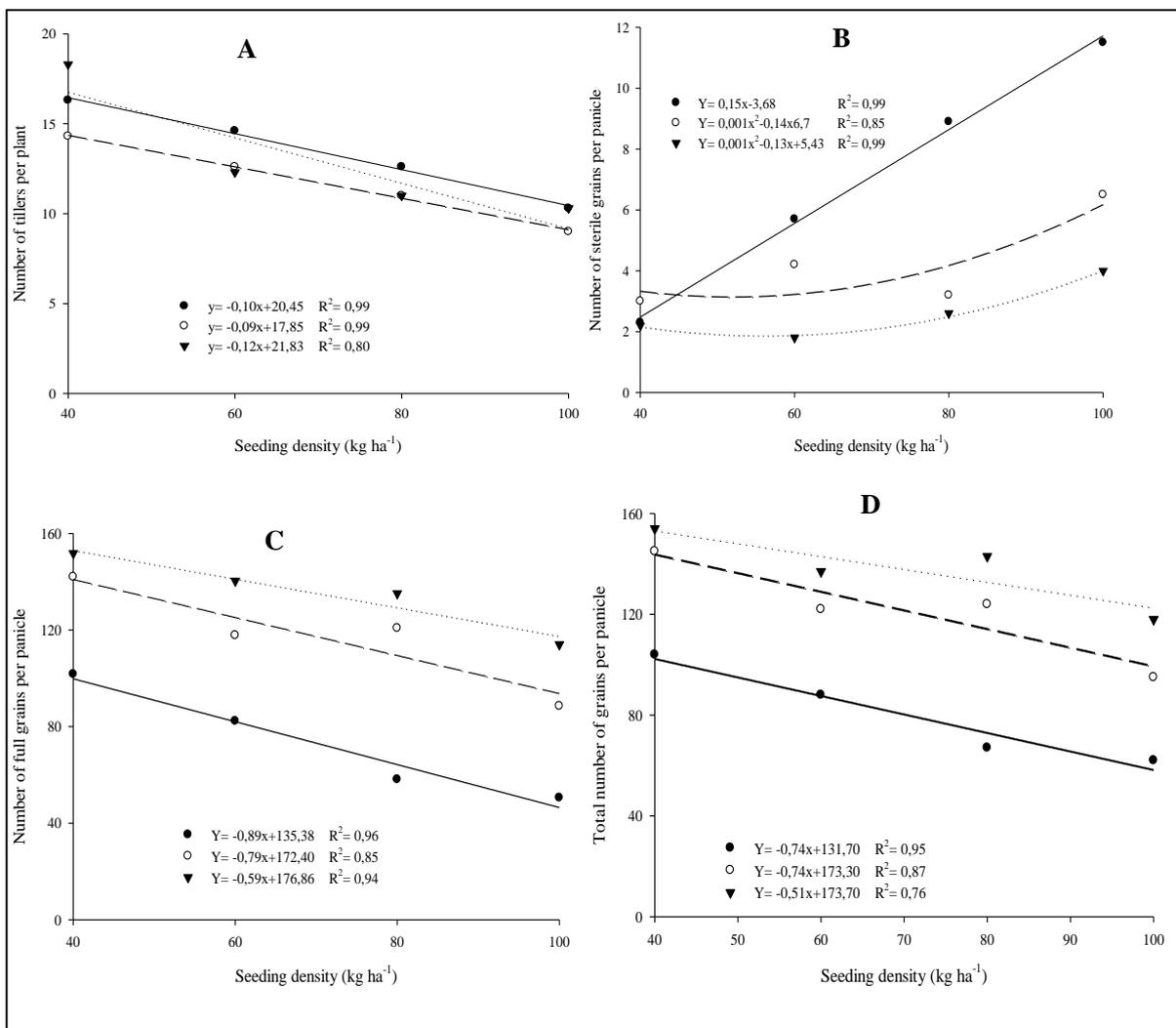


Figure 1 - Number of tillers per plant (A), number of sterile grains per panicle (B), number of full grains per panicle (C) and total number of grains per panicle (D) in function of seeding densities of the irrigated rice cultivars BR-IRGA 409 (●), Olimar (○) and Puitá Inta-CL (▼), Itaqui, 2014.

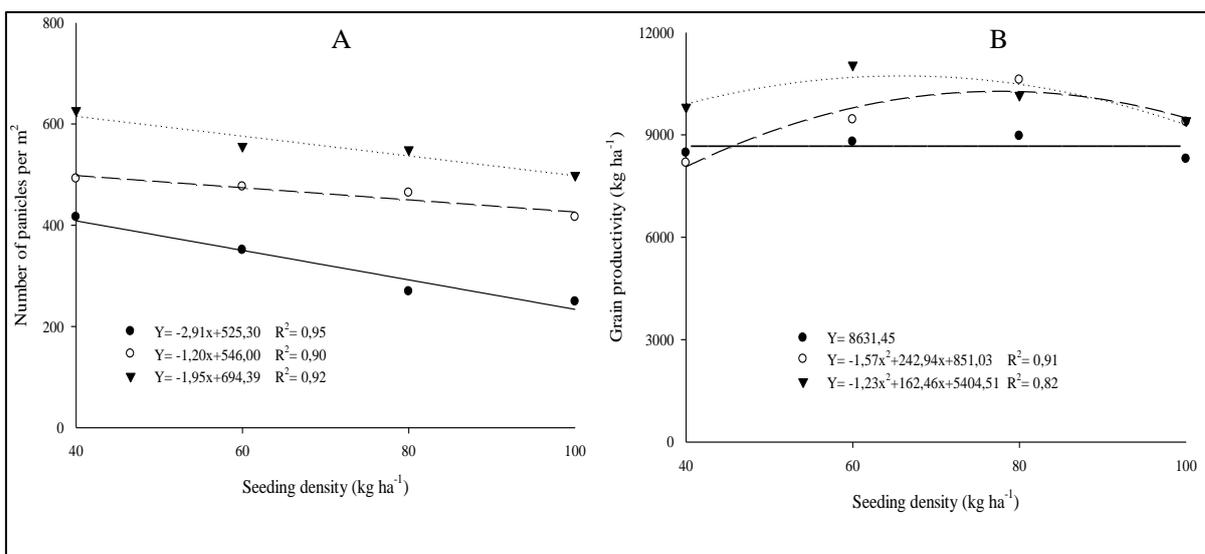


Figure 2 - Number of panicles per m^2 (A) and grain productivity (kg ha^{-1}) (B) in function of seeding densities of the irrigated rice cultivars BR-IRGA 409 (●), Olimar (○) and Puitá Inta-CL (▼), Itaqui, 2014.

Table 1 - Number of tillers per plant, sterile grains, full grains and total number of grains per panicle in the seeding densities and rice cultivars irrigated by flooding, Itaqui, 2014.

Cultivars	Seed densities (kg ha ⁻¹)				Mean
	40	60	80	100	
Number of tillers per plant					
BR-IRGA 409	16 b	15 a	13 a	10 a	
Olimar	14 c	13 b	11b	10 a	
Puitá Inta-CL	18 a	12 b	11 b	10 a	
Number of sterile grains per panicle					
BR-IRGA 409	2.3	5.7	8.9	11.5	7.1 a
Olimar	3.0	4.2	3.2	6.5	4.2 a
Puitá Inta-CL	2.2	1.8	2.6	4.0	2.6 b
Number of full grains per panicle					
BR-IRGA 409	101.7 c	82.3 c	58.1 c	50.5 c	
Olimar	142.0 b	117.8 b	120.8 b	88.5 b	
Puitá Inta-CL	151.8 a	135.2 a	140.4 a	114.0 a	
Total number of grains per panicle					
BR-IRGA 409	104.0 c	88.0 c	67.0 c	62.0 c	
Olimar	145.0 b	122.0 b	124.0 b	95.0 b	
Puitá Inta-CL	154.0 a	137.0 a	143.0 a	118.0 a	

*Means followed by the same lowercase letters in the column do not differ by Tukey test at 5% probability.

Table 2 - Number of panicles and grain productivity of irrigated rice in function of seeding densities and cultivars, Itaqui, 2014.

Cultivars	Densities (kg ha ⁻¹)			
	40	60	80	100
Number of panicles (m ²)				
BR-IRGA 409	416 b	351 c	269 c	249 c
Olimar	492 b	476 b	464 b	416 b
Puitá Inta-CL	627 a	556 a	549 a	499 a
Grain productivity (kg ha ⁻¹)				
BR-IRGA 409	8.471 b	8.795 c	8.965 c	8.294 c
Olimar	8.178 c	9.449 b	10.610 a	9.377 b
Puitá Inta-CL	9.815 a	11.045 a	10.162 b	9.416 a

*Means followed by the same lowercase letters in the column do not differ by Tukey test at 5% probability.

Avaliações de qualidade durante o armazenamento de grãos de milho submetidos à secagem intermitente em três temperaturas do ar (60, 70 e 80°C)¹

Edar Ferrari Filho², Rafael Friedrich de Lima³, Rafael Gomes Dionello⁴

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade química de grãos de milho, sendo os mesmos submetidos à secagem intermitente com diferentes temperaturas do ar, e armazenados por nove meses. Os grãos foram colhidos com umidade de 17,9%, oriundos de lavoura da Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e secos até umidade de aproximadamente 13%, utilizando secador intermitente com uso de GLP nas temperaturas do ar de 60, 70 e 80°C. Foram realizadas análise física de umidade e químicas de proteína bruta, lipídeos, cinzas, carboidratos e acidez do óleo, no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, provenientes de amostragem realizada após a secagem, e a cada três meses por até nove meses de estocagem. A secagem intermitente em temperaturas do ar de até 80°C não causa danos imediatos qualitativos aos grãos de milho. As perdas de qualidade foram maiores após seis meses de armazenamento. Os grãos secados com temperatura de 80°C apresentou as menores perdas qualitativas durante os nove meses de armazenamento. O teor de lipídeos foi o constituinte químico que mais se degradou durante o armazenamento. Quanto maior o tempo de secagem, maior é o dano latente na qualidade química dos grãos de milho durante o armazenamento. Quanto maior a umidade dos grãos durante o armazenamento, maiores são as perdas de qualidade desses grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*. Perdas qualitativas. Perdas quantitativas. GLP. Secagem de grãos.

Quality evaluations during storage of maize grains subjected to intermittent drying at three air temperatures (60, 70 and 80°C)

Abstract - The objective of this study was to evaluate the chemical quality of maize grains, which were subjected to intermittent drying at different air temperatures and stored for nine months. The grains were harvested at 17.9% moisture, tillage of the Experimental Station of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), and dried to moisture content of approximately 13% using flash dryer with use of LPG in air temperatures of 60, 70 and 80° C. Physical analysis of moisture and chemical Crude protein, lipid, ash, carbohydrate and oil acidity, Department of Animal Science, Faculty of Agronomy, UFRGS, from sampling performed after drying, and every three months for up to nine months of storage. The intermittent drying air temperatures up to 80°C did not cause quality of corn grains immediate damage. The quality losses were greater after six months of storage. Dried grains with temperatures of 80°C had the lowest quality loss during the nine months of storage. The lipid content was the chemical constituent that deteriorated most during storage. The longer the drying time is, the higher the latent damage in the chemical quality of maize grain during storage. The higher the grain moisture during storage, the greater the loss of quality of grain.

Key words: *Zea mays*. Qualitative losses. Quantitative losses. LPG. Grain drying.

¹ Manuscrito recebido em 05/08/2013 e aceito para publicação em 27/10/2014.

² Engenheiro Agrônomo, Mestre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404. E-mail: edarff@gmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404. E-mail: edarff@gmail.com

⁴ Professor Adjunto, Doutor, Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: rafidionello@hotmail.com.

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 81,51 milhões de toneladas na safra 2012/2013, e com uma estimativa de colheita de aproximadamente 78 milhões de toneladas na safra 2013/2014. O Rio Grande do Sul produziu 5,38 milhões de toneladas de milho, com uma estimativa de colheita de aproximadamente 4,98 milhões de toneladas na safra 2013/2014, com uma redução de 7,5% em relação à safra 2012/2013 devido às estiagens de chuva. Por outro lado o estado do Paraná produziu 17,64 milhões e do Mato Grosso, 19,89 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

Conforme Prado e Prado (2012), o milho é extremamente importante, pois existem aproximadamente 90 diferentes produtos derivados, sendo os principais grits, fubá, canjica, óleo, amido, amilose, amilopectina, zeína e fibras, sendo que o amido pode ser convertido em xaropes e modificado em dextrinas e amidos especiais.

A secagem de grãos é uma das operações mais importantes nas etapas de pós-colheita de grãos. O sistema de secagem intermitente caracteriza-se pelo fato de o grão ser submetido à ação do ar aquecido na câmara de secagem a intervalos regulares de tempo, intercalados com períodos em que não há circulação de ar, quando o grão permanece na câmara de repouso ou equalização. Durante esse último período, ocorre homogeneização da umidade, pela migração de água do interior para a superfície do grão. Assim, a água é facilmente evaporada e transferida para o ar no momento da passagem seguinte pela câmara de secagem. Essa migração interna da água, juntamente com a passagem por elevadores e tubulações, causa resfriamento dos grãos, que permite o uso de temperatura mais elevada no ar de secagem (ELIAS e OLIVEIRA, 2009).

Portanto, de acordo com o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito imediatos e latentes da temperatura do ar (60; 70 e 80°C), na secagem intermitente com uso de GLP (gás liquefeito de petróleo), na qualidade química de grãos de milho, em intervalos de três meses, durante nove meses de armazenamento,

Material e Métodos

Foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.), cultivados na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio

Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul/RS (30°05'52''S; 51°39'08''W).

Colheita e Secagem

As espigas foram colhidas, com umidade de 17,9% em base úmida (% b.u.), debulhadas em debulhadora estacionária mecânica de cilindro dentado, sendo os grãos posteriormente limpos em máquina de ar e peneiras planas, para retirada de impurezas, grãos quebrados e matérias estranhas. Em seguida, divididos em três tratamentos de secagem (S_1, S_2, S_3): S_1 – Secagem intermitente, com ar aquecido, a 60°C; S_2 – Secagem intermitente, com ar aquecido, a 70°C; S_3 – Secagem intermitente, com ar aquecido, a 80°C.

A temperatura do ar de secagem foi controlada por sensor localizado na tubulação da saída do ar do ventilador para a câmara de secagem. A velocidade do ar de secagem foi medida utilizando-se anemômetro de pás rotativas.

Durante as operações de secagem (S_1 a S_3), foi realizado o acompanhamento da umidade com determinador dielétrico (GEOLE), previamente aferido pelo método da estufa, sendo retiradas amostras em intervalos de tempo, para que a secagem fosse realizada até os grãos atingirem umidade próxima a 13%. Ao final das operações e a partir daí, todas as determinações de umidade foram feitas em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, com circulação natural de ar (BRASIL, 2009). A temperatura da massa de grãos foi monitorada com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C, coletando-se amostras na parte inferior do secador, colocando-as em copos plásticos e após três minutos, determinados os resultados.

Os grãos foram secos até teor de água respectivamente de 13,65%, 13,47% e 12,85% em b.u.; foram utilizadas velocidade do ar de secagem respectivamente de $64,0 \text{ m s}^{-1}$; $75,0 \text{ m s}^{-1}$ e $73,0 \text{ m s}^{-1}$, para os tratamentos S_1 a S_3 . Para cada tratamento, foram realizadas três repetições e foram secos 93 sacos em cada repetição de cada tratamento.

Armazenamento

Após a secagem, os grãos foram armazenados a granel em silos secadores. Para ambos os estudos, durante o armazenamento, foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar (Figura 1), através de dados obtidos na Base Meteorológica do Departamento de

Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, localizado na EEA/UFRGS.

Aos seis meses de armazenamento, foi realizada operação de expurgo, depois de constatada a presença de insetos da espécie *Sitophilus zeamais*, com a aplicação de pastilhas de fosfeto de alumínio (nome comercial, Gastoxim), na dosagem de dois gramas de princípio ativo por metro cúbico.

Condições ambientais durante o armazenamento

Na Figura 1, podem-se visualizar os valores das médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorridas entre os meses de abril a dezembro de 2009, na EEA/UFRGS, local onde os estudos foram conduzidos.

A coleta das amostras nos grãos a granel, durante o armazenamento, foram realizadas com auxílio de calador ou sonda, com cerca de 10 kg em cada amostragem, de cada repetição, oriundos dos grãos que constituíam a unidade experimental piloto de cada tratamento (600 kg). As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses, contando como tempo zero o momento posterior à secagem e, a partir desse momento, a cada três meses. Também foram realizadas as análises antes da secagem, com os grãos in natura.

A determinação da umidade foi pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, com circulação natural de ar, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A determinação de carboidratos foi realizada por análise proximal, subtraindo-se de 100 o somatório dos teores determinados para proteína, lipídeos e cinzas. O teor de proteína bruta foi obtido pelo método *Kjeldahl*, descrito pela A. A. C. C. (2000). A extração e a determinação do teor de lipídeos foram realizadas conforme o método A.O.C.S. (1996), com a utilização do aparelho *Soxhlet*. O teor de cinzas ou matéria mineral foi determinado conforme, descrito na A.O.A.C. (1997), com incineração prévia e calcinação em mufla a $560\text{-}580^\circ\text{C}$, até peso constante. Os resultados de carboidratos, proteína, lipídeos e cinzas, foram expressos em base seca. O teor da acidez do óleo, em ácido oleico, foi determinado de acordo com o método descrito na A.O.C.S. (1996).

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, sendo que a análise dos resultados seguiu um esquema fatorial 3×4 sendo: três temperaturas do ar de

secagem (S_1 a S_3); e quatro tempos de armazenamento (pós-secagem, três, seis e nove), com três repetições para cada tratamento, sendo as análises realizadas em triplicatas, para cada repetição. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. A avaliação estatística dos resultados foi realizada por meio do Aplicativo Computacional em Estatística Aplicada à Genética – GENES (CRUZ, 2001).

Resultados e Discussão

A composição físico-química dos grãos de milho após a colheita e pré-limpeza e antes da secagem é a seguinte: umidade inicial dos grãos de milho foi de 17,9%; os valores em porcentagem das análises químicas foram 83,11% de carboidratos, 10,33% de proteína bruta, 5,11% de lipídeos; 1,45% de cinzas e acidez de 0,44% de ácido oleico. Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios de umidade dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de 60, 70 e 80°C , e armazenados a granel por nove meses.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que os grãos foram secos até umidades de 13,65; 13,47 e 12,85 % nas secagens intermitentes com 60, 70 e 80°C , respectivamente. Houve um aumento significativo da umidade dos grãos de milho, ao longo do armazenamento, tendendo ao equilíbrio higroscópico. A umidade média mensal do ar durante o armazenamento foi sempre superior a 80% (Figura 1), o que favoreceu o equilíbrio higroscópico em umidades maiores. Nos três últimos meses de armazenamento, ocorreu uma redução das temperaturas médias e um aumento da umidade relativa média, o que pode ter favorecido este maior ganho de umidade nos grãos com maior teor inicial de água. O tratamento secagem em temperatura de 80°C teve uma redução significativa da umidade, dos seis aos nove meses de armazenamento.

Os tratamentos secagem em temperatura de 60 e 70°C apresentaram os maiores valores e não diferiram entre si, aos nove meses de armazenamento. Esses maiores teores de umidade provavelmente tenham ocorrido pela maior capacidade de absorção que apresentaram esses grãos durante o armazenamento, visto que os mesmos apresentaram umidade inicial superior aos grãos secos em temperatura do ar de 80°C . A

capacidade de adsorção é maior para grãos com maior umidade inicial.

Os grãos de milho são organismos vivos possuidores de constituição química específica e estrutura interna porosa que lhes conferem características higroscópicas e de má condutibilidade térmica, continuando o processo respiratório mesmo após a colheita. Através dos espaços intergranulares da massa de grãos, durante o armazenamento, permanecem em constantes trocas de calor e umidade com o ar ambiente (ELIAS e OLIVEIRA, 2009). As trocas de calor e água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar. Esse efeito da perda ou ganho de água em função das condições ambientais também foi observado por outros autores durante o armazenamento (ALENCAR et al., 2009; ELIAS et al., 2009; SCHUH et al., 2011).

O processo ocorre por sorção ou desorção de umidade pelos grãos, em função do diferencial de pressão de vapor de água e/ou de temperatura entre esses e a atmosfera intergranular.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios de proteína bruta dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Os resultados apresentados permitem observar que ocorreram diferenças significativas de perdas de proteína ao longo do armazenamento para todos os tratamentos, sendo que estas foram de 10,82; 9,67 e 9,22% para secagem com temperatura do ar de 60, 70 e 80°C, respectivamente. Todos os tratamentos tiveram reduções no seu percentual de proteína, durante o armazenamento, em função das características químicas intrínsecas de degradação e/ou de requerimento dos seus constituintes, frente aos fatores físico-químicos e biológicos das condições de armazenamento.

As variações de perdas de proteínas ocorreram entre três e seis meses de armazenamento e após se mantiveram até os nove meses. As menores perdas ao longo do trabalho foram para os grãos secos em temperaturas do ar de 80°C (9,2%), apresentando-se estatisticamente superiores aos grãos secos nas temperaturas de 60 (10,82%) e 70°C (9,67%). Essa maior perda de proteína nos tratamentos submetidos à secagem em temperaturas de 60 e 70°C provavelmente tenha ocorrido em função da elevada umidade de armazenamento destes grãos durante o período de

estocagem, o que levou a uma maior taxa respiratória dos grãos e por consequência uma maior perda proteica e de qualidade. A temperatura de secagem não influenciou os valores iniciais de proteína, a temperatura da massa de grãos não ultrapassou 40 °C em nenhum momento durante a secagem. Estudos têm mostrado que o milho cuja temperatura da massa ultrapassar 60 °C tem seu valor energético diminuído, além de sofrer perdas de palatabilidade (SILVA et al., 2000). Ainda, segundo o mesmo autor, na secagem em altas temperaturas, quando a temperatura da massa de grãos estiver acima de 60 °C, o endosperma dos grãos sofre alterações químicas. Oliveira et al. (2010), ao estudarem o efeito de temperaturas do ar de 25, 50, 75 e 100°C na secagem de aveia branca, observaram que houve diminuição do teor de proteína nas temperaturas acima de 25°C e diminuição no desempenho fisiológico (germinação e vigor).

A menor perda de proteínas no tratamento 80°C pode estar relacionada com o tempo de secagem, ou seja, o tratamento nessa temperatura foi o tratamento com a secagem mais rápida, o que pode ter levado a uma menor degradação ou desnaturação das proteínas do milho. Odjo et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes temperaturas (60, 80, 100 e 120°C) na secagem de milho, observaram uma maior desnaturação de proteínas, nos tratamentos com temperaturas mais baixas de secagem, ou seja, maior tempo de secagem, semelhante ao que foi observado para os tratamentos secagem intermitente em temperatura de 60 e 70°C.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados médios do teor de lipídeos dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Os resultados mostram que todos os tratamentos apresentaram perdas de lipídeos entre o início e o final do armazenamento, sendo que essas foram de 14,48; 21,96 e 15,99% para secagem com ar em temperatura de 60, 70 e 80°C, respectivamente. Pode-se observar também que a maior degradação de gordura bruta ocorreu de forma geral a partir dos seis meses de armazenamento para todos os tratamentos, período em que ocorreu uma maior variação de umidade, principalmente nos grãos secos em temperaturas de 70 e 80°C, levando a um aumento na taxa respiratória, maior necessidade de consumo de reservas por parte dos grãos e maiores perdas qualitativas.

Conforme Rupollo et al. (2004), os lipídeos caracterizam a fração constituinte mais suscetível à deterioração dos grãos de milho durante o armazenamento, devido à redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais. As ações das lipases, galactolipases e fosfolipases dos próprios grãos e das produzidas pela microflora associada contribuem para o rompimento das ligações éster dos glicerídeos neutros e dos fosfolipídeos, aumentando o teor de ácidos graxos livres.

Em um trabalho com secagem intermitente de aveia, Simioni et al. (2007) observaram que as temperaturas 60, 85 e 110°C não provocaram diferença nos teores de lipídios. As maiores diferenças encontradas pelos autores foram em função do tempo de armazenamento.

Christensen e Kaufman (1965), citados por Krabbe (1995), relatam que os fungos produzem lipases, que degradam a gordura dos cereais a ácidos graxos livres, os quais são usados como fonte de energia para eles mesmos, no seu próprio metabolismo.

Conforme Rupollo et al. (2004), a perda de gordura que ocorre durante o armazenamento é devido a processos bioquímicos, como a respiração ou processos oxidativos, resultando na diminuição de lipídeos. O mesmo autor em um trabalho com aveia armazenada de forma hermética e em sistema não hermético (granel), em umidades de 8, 11 e 14%, durante 12 meses, não observou efeito significativo do teor de umidade ou do sistema de armazenamento, apenas do tempo de armazenamento onde o teor de gordura variou significativamente. Resultados semelhantes aos encontrados por Elias et al. (2009), quando estudaram o armazenamento de grãos de trigo.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados médios do teor cinzas dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Os resultados demonstram que todos os tratamentos apresentaram aumento no teor de cinzas ao final dos nove meses de armazenamento, sendo de 54,33; 24,26 e 7,04% para secagem com 60, 70 e 80°C, respectivamente. Segundo Salunkhe et al. (1985), o conteúdo de cinzas, representado pelo teor de cinzas, é dos constituintes químicos dos grãos de milho, a fração que apresenta as menores variações no seu conteúdo total durante o armazenamento. A atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome a matéria orgânica, metabolizando-a até CO₂,

água e outros produtos, com liberação de calor, podendo transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar o seu conteúdo total. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida. As menores perdas durante nove meses de armazenamento foram para os grãos secos em temperatura do ar de 80°C, conforme já mostrado também nos resultados de proteína, o que pode ser explicado pela maior velocidade de secagem, causando menor dano latente aos grãos de milho, do que nos demais tratamentos de secagem, que apresentaram maior tempo de secagem.

Conforme Deliberali et al. (2010), não foi observada diferença nos valores de cinzas em grãos de trigo em função do método de secagem utilizado (estacionário a 45°C e intermitente a 65°C), porém, observaram aumento durante o tempo de estocagem. Os autores afirmam que o aumento foi decorrente do consumo de componentes orgânicos pelo metabolismo dos próprios grãos.

Esse aumento do teor de cinzas também foi verificado por outros autores: Elias et al. (2009), quando avaliou o armazenamento de grãos de trigo, e Schuh et al. (2011), durante armazenamento de grãos de milho.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados médios de carboidratos dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Através dos resultados mostrados, pode-se observar que o teor de carboidratos aumentou ao longo do tempo. Trata-se de aumento, aparente ou relativo, uma vez que decorre da diminuição entre as frações proteína e lipídeos durante o armazenamento. Essa variação em incrementos aparentes da fração carboidratos reflete uma relação proporcional, em consequência do requerimento de constituintes dessa fração no metabolismo intrínseco dos grãos, de microrganismos e pragas associados, além do fato de serem esses constituintes bastante suscetíveis a transformações químicas enzimáticas e não enzimáticas durante o armazenamento.

Os carboidratos são constituintes dos grãos diretamente consumidos pelo próprio metabolismo e por microrganismos associados, refletindo-se em decréscimo real do seu conteúdo total durante o armazenamento (SALUNKHE et al., 1985). A maior proporção relativa de carboidratos dos grãos de milho, as maiores

perdas das frações proteína e lipídeos, a forma de expressão percentual e o critério de determinação proximal conduzem ao comportamento observado, onde as menores variações estão associadas aos melhores efeitos conservativos desses compostos nos grãos durante o armazenamento (ELIAS et al., 2008).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados médios de acidez do óleo em ácido oleico dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Pelos resultados apresentados, pode-se observar que entre zero e seis meses de armazenamento o valor de acidez não variou significativamente.

A partir dos seis meses de armazenamento o valor variou significativamente para todos os tratamentos. Ao longo do armazenamento, a tendência foi que os tratamentos não diferiram entre si, com exceção aos seis meses de armazenamento. No final da estocagem, os tratamentos não diferiram estatisticamente. Segundo Pomeranz (1974), o aumento dos valores de acidez está relacionado diretamente com a atividade catalítica das lipases produzidas por microrganismos, e/ou pelo próprio grão, ocasionando o desenvolvimento da rancidez durante a estocagem. A acidez do óleo aumenta com a deterioração dos grãos no armazenamento, sendo o aumento utilizado como parâmetro de conservabilidade.

Deliberali et al. (2010) verificaram aumento de acidez em grãos de aveia durante ao armazenamento, quando submetidos ao processo de secagem estacionário em relação a secagem intermitente. Os autores atribuíram o maior tempo de exposição ao calor como causa principal para esse aumento, o que pode ter ocorrido neste trabalho na temperatura de 60°C, dos seis para os nove meses de estocagem.

A ocorrência de ácidos graxos livres, ou mesmo constituintes de triglicerídeos e fosfolipídios, predispõe à deterioração da matéria graxa, por via hidrolítica oxidativa ou cetônica. As lipoxidases constituem o grupo das enzimas mais ativas no processo de oxidação de lipídeos, podendo ter origem nos próprios grãos ou serem produzidas por microrganismos, ácaros e/ou insetos associados. A redução do teor de lipídeos e o aumento do teor de ácidos graxos livres estão diretamente correlacionados com a velocidade e a intensidade do processo deteriorativo dos grãos.

A avaliação desses índices constitui-se um eficiente parâmetro para o controle da conservabilidade durante o armazenamento

(SALUNKHE et al., 1985; RUPOLLO et al., 2004; ELIAS et al., 2008; ELIAS et al., 2009).

Conclusões

A secagem intermitente em temperaturas do ar de secagem de até 80°C não causa danos imediatos qualitativos aos grãos de milho.

As perdas de qualidade foram maiores após seis meses de armazenamento.

A secagem em temperatura de 80°C apresentou as menores perdas qualitativas durante o período de estocagem.

O teor de lipídeos foi o constituinte químico que mais se degradou durante o armazenamento dos grãos de milho.

Quanto maior o tempo de secagem, maior é o dano latente na qualidade química dos grãos de milho durante o armazenamento.

Quanto maior a umidade dos grãos durante o armazenamento, maiores são as perdas de qualidade desses grãos.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Supergasbrás.

Referências

ALENCAR, E. R. de.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F. et al. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC.). **Approved methods AACC**. 10. ed. St. Paul, 2000.

AMERICAN OIL CHEMISTRY SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of American Oil Chemistry Society**. New York, D.C., 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16. ed. Arlington, 1997. 2 v.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Indicadores da agropecuária**. Disponível em: <http://www.conab.org.br>. Acesso em: 10 de ago. 2014.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES**: (Versão Windows), aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648 p.
- DELIBERALI, J. et al. Efeito de processo de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1285-1292, set./out. 2010.
- ELIAS, M. C.; DIONELLO, R. G.; FORLIN, F. J. et al. Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p. 35-46, 2008.
- _____; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C. et al. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, jan./fev. 2009.
- _____. ; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos tecnológicos e legais na formação de auditores técnicos do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras**. Pelotas: Santa Cruz, 2009. 430 p.
- KRABBE, E. L. **Efeitos do desenvolvimento fúngico em grãos de milho durante o armazenamento e do uso de ácido propiônico sobre as características nutricionais e o desempenho de frangos de corte**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 176 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1995.
- ODJO, S. et al. Influence of drying and hydrothermal treatment of corn on the denaturation of salt-soluble proteins and color parameters. **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 561-570, 2012.
- OLIVEIRA, L. C. et al. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 313-319, mar./abr. 2010.
- POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CRISTENSEM, C. M. **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul: AACC, 1974. p. 56-114.
- PRADO, E. V.; PRADO, F. T. M. Viabilidade econômica da secagem do farelo de milho degerminado usando GLP. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 21, n. 1, p. 38-45, jul. 2012.
- RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARINI, L. J. et al. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.
- SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAN, S. S. Maize. In: POSTHARVEST biotechnology of cereals. Boca Raton: CRC, 1985. p. 127-146.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F. et al. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.
- SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e Secadores. In: _____. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. p. 107-138.
- SIMIONI, D. et al. Secagem intermitente e armazenamento de aveia cultivar UPFA 20 Teixeira. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 211-217, abr./jun. 2007.

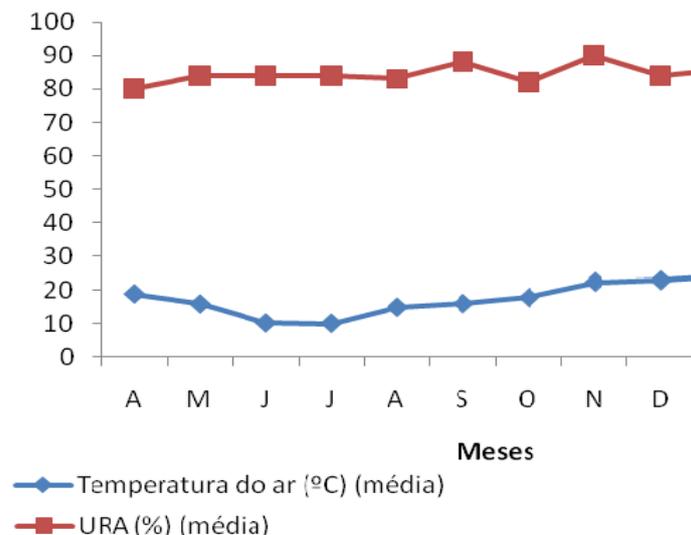


Figura 1 - Médias mensais de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) durante os nove meses de armazenamento dos grãos de milho submetidos à secagem intermitente em diferentes temperaturas do ar de secagem.

Tabela 1 - Umidade (%) em grãos de milho, armazenados no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	B 13,65 a	B 13,94 a	B 14,10 a	A 14,46 a
SI-70°C ³	B 13,47 a	B 13,77 a	B 13,71 a	A 14,23 a
SI-80°C ⁴	A 12,85 b	A 13,47 a	A 12,98 b	B 12,11 b

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 4 repetições e estão expressos em porcentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60 °C. 3 – Secagem Intermitente a 70 °C. 4 – Secagem Intermitente a 80 °C.

Tabela 2 - Proteína Bruta (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	A 10,35 b	A 10,53 a	B 9,63 a	B 9,78 a
SI-70°C ³	A 10,34 b	AB 9,99 b	B 9,83 a	B 9,85 a
SI-80°C ⁴	A 10,84 a	A 10,56 a	B 9,58 a	B 9,78 a

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em porcentagem, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60 °C. 3 – Secagem Intermitente a 70 °C. 4 – Secagem Intermitente a 80 °C.

Tabela 3 - Teor de lipídeos (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	A 5,32 a	A 5,80 a	A 5,26 a	B 4,55 a
SI-70°C ³	A 5,74 a	A 5,63 a	B 5,29 a	C 4,48 a
SI-80°C ⁴	A 5,63 a	A 5,31 a	B 4,75 b	B 4,73 a

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60°C. 3 – Secagem Intermitente a 70°C. 4 – Secagem Intermitente a 80°C.

Tabela 4 - Cinzas (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	D 1,27 b	C 1,38 b	B 1,54 b	A 1,96 a
SI-70°C ³	C 1,36 a	C 1,43 ab	A 1,62 a	A 1,69 b
SI-80°C ⁴	A 1,42 a	A 1,46 a	A 1,46 c	A 1,52 c

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60°C. 3 – Secagem Intermitente a 70°C. 4 – Secagem Intermitente a 80°C.

Tabela 5 - Carboidratos (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	B 83,03 a	A 83,77 a	A 83,77 a	A 83,14 b
SI-70°C ³	B 83,74 a	B 83,43 a	C 81,10 b	A 84,33 a
SI-80°C ⁴	C 81,41 b	B 82,35 b	A 84,01 a	A 84,27 a

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60°C. 3 – Secagem Intermitente a 70°C. 4 – Secagem Intermitente a 80°C.

Tabela 6 - Acidez do óleo em ácido oleico (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	B 0,40 a	B 0,33 a	B 0,32 b	A 0,86 a
SI-70°C ³	B 0,39 a	B 0,43 a	B 0,47 a	A 0,86 a
SI-80°C ⁴	B 0,41 a	C 0,30 a	B 0,47 a	A 0,82 a

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60°C. 3 – Secagem Intermitente a 70°C. 4 – Secagem Intermitente a 80°C.

Efeito de diferentes fontes energéticas na secagem e de tempos de armazenagem sobre as características físicas e tecnológicas de grãos de milho¹

Edar Ferrari Filho², Luidi Eric Guimarães Antunes³, Arnaldo Tiecker², Rafael Friedrich de Lima², Rafael Gomes Dionello⁴

Resumo - O objetivo foi avaliar a qualidade física e tecnológica de grãos de milho, sendo os mesmos submetidos à secagem estacionária com diferentes fontes de aquecimento do ar. Os grãos foram oriundos de lavoura da Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e secos até umidade de aproximadamente 12%, da seguinte forma: secagem com ar natural, secagem com uso de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e secagem solar. As análises de umidade, massa específica, peso de mil grãos e inteiros foram realizadas no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS, provenientes de amostras coletadas após a secagem e, posteriormente, a cada três meses. Os resultados obtidos nos permitiram concluir que as maiores perdas ocorreram após seis meses de armazenamento, para todos os tratamentos, em função principalmente do ataque de insetos do gênero *Sitophilus*, mostrando que os três combustíveis utilizados para a secagem se mostraram viáveis em termos de qualidade física e tecnológica de grãos de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*. GLP. Secagem solar. Ar natural. Qualidade de grãos.

Effect of different stationary sources of air heating on grain drying and storage duration on grain physical and technological quality

Abstract - This study aimed to evaluate the physical and technological quality of maize grains subjected to drying with different stationary sources of air heating and stored for nine months. The grains were derived from the Experimental Station of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul's experimental farm, and dried to humidity of approximately 12% as follows: natural air drying, drying with the use of LPG and solar drying. The analysis of humidity, specific weight, thousand grains weight and integers were performed after sample drying and every three months up to nine months of storage and were conducted at the Plant Protection Department of the Federal School of Agronomy. The results allowed us to conclude that the greatest losses occurred after six months of storage for all treatments, mainly due to the attack of insects of the *Sitophilus* genus, showing that the three fuels used for drying proved to be viable in terms of keeping the grain physical and technological quality.

Key words: *Zea mays*. GLP. Solar drying. Natural air. Grain quality.

¹ Manuscrito recebido em 19/04/2014 e aceito para publicação em 27/10/2014.

² Engenheiro Agrônomo, Mestre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404. E-mail: edarff@gmail.com.

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: rafaellimars@hotmail.com; tiecker@hotmail.com

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: rafadionello@hotmail.com

Introdução

O milho é o segundo grão mais produzido no país, perdendo somente para a soja, chegando a aproximadamente 81 milhões de toneladas, na safra 2012/2013, com uma estimativa de colheita de 78 milhões de toneladas na safra 2013/2014, inferior 3,6% a safra anterior. No Brasil, os estados de maior produção são Paraná, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, o qual é o sexto estado em termos de produção, somando cerca de 10% da produção nacional e atingindo a produtividade média de aproximadamente 5.210 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014).

Segundo Prado e Prado (2012), a partir do milho obtêm-se em torno de noventa derivados diferentes, sendo os principais: grits, fubá, canjica, óleo, amido, amilose, amilopectina, zeína e fibras, sendo ainda possível converter o amido em xaropes e modificado em dextrinas e amidos especiais.

A secagem, como atividade econômica, é um processo artificial e mecânico, destinado a remover o excesso de água até um valor seguro para cada espécie, com a responsabilidade de não alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas, mantendo a qualidade nutricional e organoléptica desenvolvidas durante a fase de campo. (AMARAL e DALPASQUALE, 2000).

A secagem do milho produzido no Brasil, em sua maioria, ocorre na própria planta ainda no campo, pois as condições climáticas na época de colheita são favoráveis e, também, porque a cultura é muito difundida entre os pequenos agricultores que, devido à falta de capital disponível, não investem em infraestrutura para a secagem. Assim, os meios utilizados para secagem do milho, no Brasil, são os mais simples e baratos.

A secagem natural é pouco segura, uma vez que o produto fica no campo sujeito a condições ambientais desfavoráveis. Além disso, em condições de altas temperaturas e com alta taxa respiratória, o produto consome parte de suas reservas, comprometendo sua qualidade. Outra desvantagem da secagem no campo é que o milho pode ser atacado por insetos, pássaros, roedores e microrganismos, principalmente fungos, que contribuem significativamente para a sua deterioração. A secagem em secadores é uma técnica que visa à preservação da qualidade do produto, considerando que ele é colhido com teor de água ainda alto para a armazenagem, porém,

com alta qualidade e alto teor de matéria seca (ELIAS, 2007).

Para o agricultor, a secagem e armazenagem da produção na propriedade podem representar vantagens, como a redução ou ausência dos custos de transporte ou frete; a comercialização do produto em épocas de menor oferta e maior demanda (entressafra); melhor remuneração e aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade para a secagem e o armazenamento adequados, bem como a disponibilidade de um produto de melhor qualidade e melhor adaptado às condições de consumo e/ou comercialização (ELIAS e OLIVEIRA, 2009). O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física e tecnológica dos grãos de milho submetidos à secagem estacionária empregando diferentes fontes energéticas e, posteriormente, armazenados por nove meses.

Material e Métodos

Foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.), cultivados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul/RS (30° 05' 52''S; 51° 39' 08''W).

As espigas foram colhidas com umidade de 16% e imediatamente debulhadas em debulhadora estacionária mecânica de cilindro dentado, sendo os grãos posteriormente limpos em máquina de ar e peneiras planas, para retirada de matérias estranhas, impurezas e grãos quebrados. Posteriormente, o material foi dividido em três partes, uma para cada método de secagem (S₁ a S₃):

S₁ – Secagem estacionária com ar natural; S₂ – Secagem estacionária com uso da energia solar; e S₃ – Secagem estacionária com uso de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo).

A temperatura do ar de secagem foi monitorada com termômetro de mercúrio, com precisão de 0,5 °C, posicionado na entrada do secador, após o ventilador. A velocidade do ar de secagem foi medida com auxílio de um anemômetro de pás rotativas.

Para cada fonte energética avaliada foram secos 25 sacos, sendo realizadas três repetições. Durante as operações de secagem (S₁ a S₃), foi realizado o acompanhamento da umidade com determinador dielétrico (*GEOLE*), previamente calibrado pelo método da estufa, sendo retiradas amostras em intervalos regulares de tempo, para que a secagem fosse realizada até os grãos

atingirem umidade próxima a 12%. Ao final das operações e a partir daí, todas as determinações de umidade foram realizadas em estufa a 105 ± 3 °C, com circulação natural de ar (BRASIL, 2009).

A temperatura da massa de grãos foi monitorada com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C, coletando-se amostras na parte inferior do secador, colocando-as em copos de isopor e, após três minutos, lidos os resultados.

Após a secagem, os grãos foram armazenados a granel em silos secadores. Durante o armazenamento foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar, através de dados obtidos na Base Meteorológica do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, localizado na EEA/UFRGS.

Aos seis meses de armazenamento foi realizada operação de expurgo, pois foi constatada a presença de insetos do gênero *Sitophilus*, com a aplicação de pastilhas de fosfeto de alumínio (nome comercial Gastoxim), na dosagem de dois gramas de princípio ativo por metro cúbico. Após essa operação, foi aplicada terra diatomácea na massa de grãos, para evitar nova infestação de insetos, no sistema de envelope, ou seja, na base e no topo da massa de grãos, com uso de 1 kg por tonelada.

As amostras nos grãos armazenados a granel, durante o armazenamento, foram coletadas com auxílio de calador ou sonda, com cerca de 10 kg por amostra, de cada repetição, oriundos dos grãos que constituíam a unidade experimental piloto para cada fonte energética avaliada (600 kg). As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses de armazenamento, contando como tempo zero o momento posterior à secagem.

As análises físicas e tecnológicas foram realizadas no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS, sendo as seguintes.

Umidade

A determinação da umidade foi realizada pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, com circulação natural de ar, por 24 h, conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados são expressos em % de umidade, em base úmida.

Massa Específica

Foi obtida com a pesagem dos grãos em balança eletrônica com precisão de 0,001g, a partir de uma quantidade de grãos colocados em

recipiente cilíndrico de volume conhecido. Os resultados da massa específica foram convertidos para serem expressos em kg. m^{-3} , e em base seca (BRASIL, 2009).

Peso de mil grãos

O peso de mil grãos (sementes) foi realizado através da contagem de oito repetições de 100 grãos e, posterior, pesagem em balança analítica (BRASIL, 2009). O resultado médio obtido foi multiplicado por dez e expressos em gramas.

Análise Tecnológica

Os defeitos (grãos ardidos, chochos, germinados, fragmentados, quebrados, carunchados, mofados ou fermentados e matérias estranhas/impurezas) foram determinados pela metodologia oficial do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1996).

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, sendo que a análise dos resultados seguiu um esquema fatorial 3 x 4 sendo: 3 métodos de secagem (S_1 a S_3); e quatro períodos de armazenamento (pós-secagem, 3, 6 e 9 meses), com três repetições para cada tratamento, sendo as análises realizadas em triplicatas, para cada repetição.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. A avaliação estatística dos resultados foi realizada por meio do aplicativo computacional estatístico *BioEstat 5.0* (AYRES et al., 2007).

Resultados e Discussão

Os grãos foram secos até umidades de 11,39; 10,34 e 12,27% com uso de GLP, energia solar e ar natural, respectivamente. Utilizou-se velocidade média do ar de secagem respectivamente de $36,4 \text{ m.s}^{-1}$, $35,3 \text{ m.s}^{-1}$ e $38,1 \text{ m.s}^{-1}$, para as fontes de secagem S_1 a S_3 .

Na Figura 1, podem-se visualizar os valores das médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar, na Estação Experimental Agronômica/UFRGS, local onde os estudos foram conduzidos.

Os resultados das análises iniciais, ou seja, após a colheita e pré-limpeza e antes da secagem, apresentaram os seguintes valores: umidade de 15,44%; Massa Específica de $781,15 \text{ kg.m}^{-3}$; peso de mil grãos de 348,37 g e percentual de grãos inteiros de 91,41%.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios de umidade dos grãos de milho, submetidos à secagem estacionária com ar natural, GLP e solar, armazenados por 9 meses. Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que os grãos foram secos até umidades de 11,39% 10,34% e 12,27% com uso de GLP, solar e ar natural, respectivamente. A secagem solar apresentou umidade inferior estatisticamente às demais fontes energéticas logo após a operação. Houve um aumento significativo da umidade dos grãos de milho, ao longo do armazenamento, para as três fontes energéticas avaliadas, tendendo ao equilíbrio higroscópico. Podem-se visualizar na Figura 1, valores elevados de umidade relativa do ar (> 80%) durante todo o período e temperaturas médias baixas (< 20°C) até o sétimo mês de armazenamento, o que eleva a umidade dos grãos durante o armazenamento. A secagem com GLP apresentou variação significativa de umidade entre três e seis meses de armazenamento, mantendo-se até o final do experimento.

A secagem solar variou significativamente entre todos os períodos de armazenamento. Já a secagem com ar natural mostrou variações significativas entre três e seis, e seis e nove meses de armazenamento. Ao final do armazenamento, a umidade dos grãos apresentou diferenças estatísticas entre as fontes energéticas de secagem, sendo que os grãos que mais absorveram umidade foram os secos com ar natural. Esse fato pode ser explicado pela capacidade de adsorção/umedecimento e dessorção/secagem dos grãos, visto que a capacidade de dessorção é em torno de sete vezes maior do que a capacidade de adsorção, ou seja, é mais fácil retirar água dos grãos do que reidratá-los, o que pode ser visto com a secagem com ar natural, que apresentou maior umidade inicial após a secagem e após os doze meses de armazenamento. Desse modo, o tratamento apresentou uma menor dificuldade em reidratar do que os demais, pois a umidade pós-secagem foi maior. Tais resultados corroboram os encontrados por outros autores (REHMAN, 2006; ALENCAR et al., 2009; ELIAS et al., 2009; SCHUH et al., 2011).

Outro fator importante que pode ter levado a um maior aumento na umidade dos grãos secos com uso de ar natural é a variação de umidade relativa e temperatura do ambiente o que acarreta em uma secagem menos homogênea.

Conforme Muir et al. (2001), a deterioração dos produtos armazenados ocorre devido ao processo de respiração dos grãos e da microflora

durante o armazenamento, pois parte da matéria comercializável é consumida. O processo respiratório dos grãos ocasiona perda pequena de massa quando comparada à perda ocasionada pela contaminação de insetos, fungos e bactérias presentes nos grãos armazenados. De acordo com Brooker et al. (1992), essa perda possui elevada relevância no momento da comercialização do produto.

Conforme Pinto et al. (2002), o aumento do teor de água se deve ao metabolismo dos insetos, ou seja, devido à sua respiração. Esse maior ataque de insetos após seis meses de estocagem pode ter levado ao aumento de umidade dos grãos, do tratamento ar natural.

O comportamento higroscópico dos grãos no armazenamento, expresso através da variação da umidade, em associação com as alterações térmicas, é fundamental para a conservabilidade do produto e o manejo do sistema de armazenamento. Aumentos graduais de umidade e temperatura da massa, em função de diferentes volumes estáticos de grãos, sob certas condições de armazenamento, originam um conjunto de processos físico-químicos específicos e acumulativos na deterioração dos grãos conhecido como efeito de massa, o qual está estreitamente correlacionado com o desenvolvimento e a sucessão microbiana e de pragas durante o armazenamento (ELIAS, 2007).

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios da massa específica dos grãos de milho, submetidos à secagem estacionária com ar natural, GLP e solar, e armazenados. Os resultados apresentados demonstram que existiram perdas significativas ao longo dos nove meses de armazenamento para todas as fontes energéticas de secagem. Também mostram que houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, a partir dos seis meses de armazenamento. As perdas em % entre o início e o final do experimento foram para a secagem com GLP, solar e ar natural de 13,09; 15,57 e 18,22, respectivamente. Já entre o início e os seis meses de armazenamento foram inferiores a 5%, para todos os tratamentos, mostrando boa conservação quantitativa.

Os grãos que foram secos com ar natural apresentaram resultados inferiores estatisticamente às demais fontes energéticas, ou seja, maiores perdas quantitativas, no período final de avaliação. Em todos os tratamentos ocorreram maiores perdas para a massa específica após os seis meses de armazenamento, período em que as temperaturas de

armazenamento foram maiores (Figura 1), levando à maior respiração dos grãos e, por consequência, maior consumo de reservas. A perda de massa específica está diretamente relacionada à umidade dos grãos, ou seja, quanto maior for a umidade destes grãos, maior e a taxa respiratória dos grãos e por consequência maiores perdas nessa característica. Resultados semelhantes foram encontrados por Alencar et al., (2009), que observaram maior redução da massa específica em grãos de soja armazenados por 180 dias, nas maiores umidades (14,8%) e temperaturas (40 °C).

O conhecimento da massa específica é importante no dimensionamento de equipamentos de transporte, na determinação da capacidade estática de armazenamento e na regulação de equipamentos de beneficiamento. Sua redução acompanha o grau de deterioração durante a armazenagem. A presença de insetos do gênero *Sitophilus* também foi um dos principais fatores que contribuiu para a redução no valor da massa específica ao longo do armazenamento, principalmente a partir dos seis meses, período em que a temperatura começou a subir e surgiram os primeiros insetos, causando redução na massa específica, corroborando com Alencar et al. (2009), que também verificaram que presença de insetos reduz a massa específica em grãos de soja durante o armazenamento.

Conforme diversos autores, os insetos reduzem a massa específica em grãos durante o armazenamento, em função de se alimentarem da parte interna dos grãos e permanecer com o mesmo volume, porém, com redução de massa (ALMEIDA FILHO et al., 2002; SILVA et al., 2003; ALENCAR et al., 2008). Sua redução, durante o armazenamento, significa consumo de nutrientes, geralmente em consequência do metabolismo de organismos associados e dos próprios grãos (ELIAS, 2007). O tratamento que apresentou as menores perdas ao final do trabalho foi secagem com uso de GLP, sendo maior estatisticamente do que os demais tratamentos de secagem. A secagem com uso de GLP mantém a umidade dos grãos mais baixa, por ser uma secagem mais homogênea, o que possibilita uma melhor conservação dos grãos.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados médios do peso de mil grãos de milho, submetidos à secagem estacionária com ar natural, GLP e solar e, posteriormente, armazenados por nove meses. Os resultados mostram que existiram perdas significativas ao longo dos nove meses de armazenamento para

fontes energéticas GLP e ar natural. Os resultados demonstram que ocorreram perdas de 5,51%; 0,22% e 3,99%, respectivamente, para a secagem com GLP, solar e ar natural ao final da estocagem. As avaliações das diferentes fontes energéticas não diferiram estatisticamente aos três, seis e nove meses de armazenamento.

Todos os tratamentos apresentaram perdas significativas para o peso de mil grãos durante o período de estocagem e, principalmente, no último período, onde as temperaturas de armazenamento foram maiores, levando a um aumento no ataque de insetos e na respiração dos grãos e, por consequência, maior perda quantitativa, exceto no armazenamento dos grãos secos com uso de energia solar. Até seis meses de armazenamento as perdas foram inferiores a 3%, comportamento semelhante ao observado para a massa específica (Tabela 2).

Outro fator importante foi a umidade dos grãos secos com ar natural, que favoreceu uma maior perda no peso de mil grãos. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Dionello (2000), que estudando o efeito de diferentes temperaturas (20, 40, 60 e 80 °C) na secagem estacionária de grãos de milho, observou variações inferiores a 3% durante seis meses de armazenamento.

Schuh et al. (2011), avaliando o peso de mil grãos em milho durante o armazenamento por 180 dias, observaram reduções nesta característica, em função do ataque de pragas (insetos e fungos), sendo que esta redução variou de 9,98 a 10,26%, valores superiores aos observados neste trabalho.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados médios de grãos de milho inteiros, submetidos à secagem estacionária com ar natural, GLP e solar e, posteriormente, armazenados por nove meses. Os resultados apresentados mostram que até os seis meses de armazenamento não existiram diferenças significativas entre as fontes energéticas de secagem e nem ao longo do tempo, mantendo-se os resultados de grãos inteiros em relação ao tempo zero. Ocorreu redução significativa nos grãos inteiros dos seis para os nove meses de armazenamento para todas as fontes energéticas avaliadas. A variação foi de 7,65; 20,27 e 8,32%, para a secagem com GLP, solar e ar natural, respectivamente. O aumento, principalmente de grãos carunchados e também de grãos ardidos, após seis meses de armazenamento contribuiu para a redução nos valores de grãos inteiros.

Os resultados obtidos no começo do experimento para grãos carunchados foram de 1,77; 2,10 e 3,94%, para os tratamentos GLP, solar e ar natural, respectivamente. Ao final do período de avaliação, os resultados para esse mesmo defeito foram de 7,48; 9,66 e 18%, respectivamente, para GLP, solar e ar natural, o que mostra que a redução do percentual de grãos inteiros ou sem defeitos ocorreu em função principalmente da presença de insetos que aumentaram o índice de carunchamento e, por consequência, a qualidade. A elevação no índice de defeitos ou redução de grãos inteiros pode ser explicada também pelo fato de que, após seis meses de armazenamento, os grãos sofreram aumento de umidade para valores acima de 13% (Tabela 1), o que favorece o ataque de fungos e insetos, bem como o aumento da taxa respiratória dos grãos, o que acarretou aumento na ocorrência de defeitos oriundos de ação biológica (DIONELLO, 2000). Esse maior ataque de insetos está relacionado à maior umidade dos grãos, o que favorece os danos. Grãos com altos teores de água tornam-se muito vulneráveis a ataques de grandes populações de insetos e fungos (ANTUNES et al., 2011; 2012).

Segundo as normas de classificação do milho do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 1996), ao final do armazenamento de nove meses, os grãos de milho foram classificados como tipo 2 (entre 80 e 87,5% de grãos sem defeitos) para os tratamentos GLP e ar natural e tipo 3 (entre 70 e 80% de grãos sem defeitos) para o tratamento solar. Porém, até os seis meses de armazenamento, todos os grãos foram classificados como tipo 1 (acima de 87,5% de grãos sem defeitos), iguais ao momento posterior à secagem.

Conclusões

Os resultados obtidos nos permitiram concluir que as maiores perdas ocorreram após seis meses de armazenamento, para todos os tratamentos, em função principalmente do ataque de insetos do gênero *Sitophilus*, mostrando que os três combustíveis utilizados para a secagem se mostraram viáveis em termos de qualidade física e tecnológica de grãos de milho.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Supergasbrás.

Referências

ALENCAR, E. R. et al. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 155-166, 2008.

_____. et al. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ALMEIDA FILHO, A. J.; FONTES, L. S.; ARTHUR, V. Determinação da perda de peso do milho (*Zea mays*) provocada por *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais*. **Revista Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, n. 2, p. 41-44, 2002.

AMARAL, D.; DALPASQUALE, V. A. Custos de secagem de sementes de milho (*Zea mays* L.) em espigas usando simulação matemática. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 20, n. 1, p. 55-66, 2000.

ANTUNES, L. E.G.; FERRARI FILHO, E. F.; GOTTARDI R. et al. Avaliação do uso de terra diatomácea contra infestação de grãos armazenados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 662-669, 2011.

_____.; LEMCHEN, J. S.; PETRY, P. A. R. et al. Eficiência da terra diatomácea no controle do gorgulho do milho ao longo do tempo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n. 3, p. 217-224, 2012.

AYRES, M.; AYRES, J. M.; SANTOS, A. A. Aplicações estatísticas em Ciências Bio-Médicas - BioEstat 5.0. Belém: UFPA, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Comissão Técnica de Normas e Padrões. Portaria n. 11, de 12 de abril de 1996: normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do milho. Brasília, 1996.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

- Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB. **Indicadores da agropecuária**. Levantamento de Safras. Brasília. Disponível em: <<http://www.conab.org.br>>. Acesso em: ago. 2014.
- DIONELLO, R. G. **Método de secagem e sistema de armazenamento na qualidade dos grãos e na ocorrência de micotoxinas em milho**. Pelotas: UFPel, 2000. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel.
- ELIAS, M. C. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Pelotas: UFPEL, 2007. 422 p.
- _____.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C. et al. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.1, p. 25-30, jan./fev. 2009.
- _____.; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos tecnológicos e legais na formação de auditores técnicos do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras**. Pelotas: Santa Cruz, 2009. 430 p.
- MUIR, W. E.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Controlled atmosphere storage. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain Preservation Biosystems**. Manitoba, 2001. 421 p.
- PINTO, U. M. et al. Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch.) sobre a qualidade do trigo destinado à panificação. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 1407-1412, 2002.
- PRADO, E. V.; PRADO, F. T. M. Viabilidade econômica da secagem do farelo de milho degerminado usando GLP. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 21, n. 1, p. 38-45, 2012.
- REHMAN, Z. U. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Saint Paul, v. 96, p. 53-57, 2006.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F. et al. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.
- SILVA, A. A. L. et al. Modelagem das perdas causadas por *Sitophilus zeamais* e *Rhizopertha dominica* em trigo armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, n. 7, n. 2, p. 292-296, 2003.

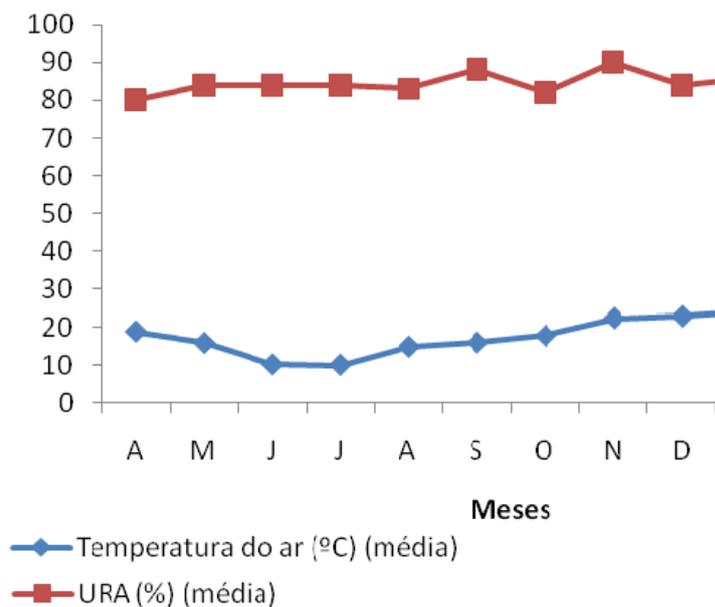


Figura 1 - Médias mensais de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período de armazenamento dos grãos de milho.

Tabela 1 - Umidade (%) em grãos de milho submetidos a diferentes fontes energéticas de secagem e tempos de armazenamento¹.

Fonte Energética	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
GLP ²	11,39 aB	10,79 bB	13,71 aA	13,17 bA
Solar ³	10,34 bD	12,37 aC	13,45 aB	13,95 bA
Ar natural ⁴	12,27 aC	12,55 aC	13,91 aB	15,93 aA
CV (%)	8,04	7,79	1,91	8,53

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 4 repetições e estão expressos em porcentagem em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas na linha e minúsculas distintas na coluna diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem com uso de GLP (Gás liquefeito de petróleo). 3 – Secagem com uso da energia solar. 4 – Secagem com uso de ar natural.

Tabela 2 - Massa Específica (kg.m⁻³) de grãos de milho submetidos a diferentes fontes energéticas de secagem e tempos de armazenamento¹.

Fonte Energética	Tempo de armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
GLP ²	764,23 aA	749,74 aAB	737,37 aB	664,17 aC
Solar ³	753,98 aA	749,86 aA	721,39 abB	636,58 bC
Ar natural ⁴	749,22 aA	747,83 aA	713,98 bB	612,71 cC
CV (%)	1,05	3,89	1,72	3,53

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em kg/m³, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem com uso de GLP (Gás liquefeito de petróleo). 3 – Secagem com uso da energia solar. 4 – Secagem com uso de ar natural.

Tabela 3 - Peso de mil grãos (g) de milho submetidos a diferentes fontes energéticas de secagem e tempos de armazenamento¹.

Fonte Energética	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
GLP ²	292,39 aA	278,26 aB	285,32 aAB	276,26 aB
Solar ³	280,75 bA	276,48 aA	281,24 aA	280,14 aA
Ar natural ⁴	287,75 abA	279,69 aAB	284,09 aAB	276,27 aB
CV (%)	1,96	1,28	1,01	0,99

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em gramas. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem com uso de GLP (Gás liquefeito de petróleo). 3 – Secagem com uso da energia solar. 4 – Secagem com uso de ar natural.

Tabela 4 - Grãos de milho sem defeitos (%) submetidos a diferentes fontes energéticas de secagem e tempos de armazenamento¹.

Fonte Energética	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
GLP ²	90.06 aA	90.13 aA	90.81 aA	83.17 aB
Solar ³	90.92 aA	90.43 aA	90.52 aA	72.49 bB
Ar natural ⁴	90.78 aA	90.52 aA	90.21 aA	83.23 aB
CV (%)	0,64	1,82	2,13	7,04

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, relativos a um total de 250 gramas. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem com uso de GLP (Gás liquefeito de petróleo). 3 – Secagem com uso da energia solar. 4 – Secagem com uso de ar natural.

Produção de forrageiras anuais de inverno sob densidades de semeadura¹

Eliza Gralak², Anibal de Moraes³, Sebastião Brasil Campos Lustosa⁴, Deonisia Martinichen³,

Sandra Galbeiro³, Gustavo Telles da Silva⁵

Resumo- O objetivo do trabalho foi avaliar a massa seca de forragem (MST), massa seca de folhas (MSF) e de colmo (MSC), relação folha/colmo (F/C), índice de área foliar (IAF), altura de corte (AC) e suas correlações em forrageiras de inverno em diferentes densidades de semeadura. O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Centro Oeste, em Guarapuava - PR, em 2012. Os tratamentos foram: 100% aveia, 100 % azevém, 50% aveia e 50% azevém, 25% aveia e 75% azevém, 75% aveia e 25% azevém e 60% aveia e 40% azevém. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com cinco repetições. Houve diferença significativa pelo teste de Tukey para MSF, onde a densidade de 100% azevém produziu 2477 kg ha⁻¹, a F/C foi de 4,27 e a AC foi de 30,80 cm. Para as demais características avaliadas não houve diferença estatística. As correlações foram significativas pelo teste t para MSF vs F/C (r=0,86), MSF vs IAF (r=0,89) e F/C vs AC (r=-0,88). O cultivo estreme de azevém apresenta vantagens em relação ao cultivo em consórcio com aveia por oferecer maior MSF e principalmente pela F/C ser maior, além de ser a primeira forrageira disponível para utilização com 68 DAS.

Palavras-chave: *Avena strigosa*. Interceptação luminosa. *Lolium multiflorum*. Massa seca.

Production of forage winter annual plant densities under

Abstract- The objective was to evaluate the forage dry matter (FDM), leaf dry mass (LDM) and stem (SDM), leaf/stem ratio (L/S), leaf area index (LAI), height of cut (HC) and their correlations in winter forage at different densities. The experiment was conducted at the Universidade Estadual do Centro Oeste in Guarapuava - PR in 2012. The treatments were: 100% oats, 100% ryegrass, 50% oats and 50% ryegrass, 25% oats and 75% ryegrass, 75% oats and 25% ryegrass and 60% oats and 40% ryegrass. The experimental design was randomized blocks with five replications. There was a significant difference by Tukey test for LDM, where the density of 100% ryegrass produced 2477 kg ha⁻¹, the L/S was 4.27 and the HC was 30.80 cm. For the other parameters showed no statistical difference. Correlations were significant by t test for LDM vs L/S (r = 0.86), LDM vs LAI (r = 0.89) and L/S vs HC (r = -0.88). The cultivation of ryegrass has its own advantages over cultivation intercropped with oats by offering greater LDM and especially the L/C be greater, besides being the first forage available for use with 68 DAS.

Key words: *Avena strigose*. Light interception. *Lolium multiflorum*. Dry matter.

¹ Manuscrito recebido em 03/12/2013, aceito para publicação em 15/01/2014

² Eng. Agrônoma doutoranda do Programa de Pós Graduação em Agronomia- UFPR- Rua dos Funcionários, 1540- Curitiba- PR

³ Professor Doutor – Programa de Pós Graduação em Agronomia- UFPR- Rua dos Funcionários, 1540- Curitiba- PR

⁴ Professor (a) Doutor (a) – Departamento Agronomia – UNICENTRO- Rua Simeão Varella de Sá- Guarapuava- PR

⁵ Graduando em Agronomia – UNICENTRO – Rua Simeão Varella de Sá- Guarapuava - PR

Introdução

O principal componente das dietas de ruminantes são as pastagens, por ser a fonte de alimentação mais econômica nos sistemas pecuários (SANTOS et al., 2010). Devido à diversidade climática, a produção de forragem apresenta flutuações estacionais, com produção satisfatória de forragem no período das forrageiras estivais e um período crítico com déficit de forragem em decorrência de períodos frios ou secos durante o outono/inverno, os quais limitam o crescimento das pastagens e, conseqüentemente, o rendimento animal. Desta forma, a região sul do Brasil apresenta características climáticas favoráveis ao cultivo de plantas forrageiras hibernais, as quais podem produzir alimento durante o inverno, sendo cultivadas em cultivo singular ou consorciadas, em áreas integradas ou cultivos estivais ou ainda sobresemeadas em pastagens naturais (CARVALHO et al., 2010)

As espécies anuais de inverno mais utilizadas para pastejo são aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam), isoladas ou em misturas, basicamente em função da facilidade na aquisição de sementes e das particularidades em relação ao ciclo de produção das espécies (ROSO et al., 2000).

O azevém destaca-se pela sua facilidade de ressemeadura natural, resistência a doenças, bom potencial de produção de sementes e pela versatilidade em consorciações enquanto a aveia é usada preferencialmente em áreas de integração lavoura-pecuária, pois seu ciclo de produção menor não interfere na época de cultivo de lavouras de verão (MORAES, 1996). As misturas das forrageiras anuais de inverno visam combinar suas máximas produções de massa seca que são atingidos em épocas distintas, resultando no aumento da produção e no período de utilização da pastagem (ROSO et al., 1999), além da melhoria da qualidade da forragem ofertada aos animais.

A altura de pastagem ideal para a entrada e saída dos animais é fundamental para se obter forragem de qualidade e número de utilizações no ciclo. Pontes et al. (2004) observaram em uma pastagem de azevém manejada a 12,7 cm a necessidade de 26,3 kg massa seca (MS) para produzir 1,0 kg de peso vivo (PV), já para a pastagem manejada a 14 cm a necessidade foi de 17,1 kg de MS para produzir 1,0 kg de PV.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produção de massa seca total de forragem, massa seca de

folhas, massa seca de colmo, índice de área foliar, relação folha/colmo e altura de corte de forrageiras anuais de inverno estives e em consórcio, em diferentes densidades de semeadura.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO, em Guarapuava – PR, localizada a 25°21'S de latitude, 51°30'W de longitude, a 1100m de altitude. O clima da região é classificado como temperado, com verão ameno (Cfb), segundo Köppen, com precipitação média anual de 1.800 mm e temperatura média anual de 18,2°C, o solo é classificado como LATOSSOLO BRUNO ALUMÍNICO típico (EMBRAPA, 2006).

A análise de solo da área apresentou os seguintes valores: pH em CaCl₂: 5,3; MO 48,3 g dm⁻³; P Mehlich 1,8 mg dm⁻³; K: 0,48 cmol_c dm⁻³; Ca: 2,3 cmol_c dm⁻³; Mg: 2,7 cmol_c dm⁻³; Al: 0 cmol_c dm⁻³; H+Al: 4,7 cmol_c dm⁻³; e os micronutrientes S: 4,7 mg dm⁻³; B: 0,28 mg dm⁻³; Fe: 54,6 mg dm⁻³; Cu: 1,3 mg dm⁻³; Mn: 16 mg dm⁻³; Zn: 1,1 mg dm⁻³.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: 100% aveia (105 kg ha⁻¹), 100 % azevém (45 kg ha⁻¹), 50% aveia e 50% azevém (53 kg ha⁻¹ de aveia + 22 kg ha⁻¹ de azevém), 25% aveia e 75% azevém (27 kg ha⁻¹ de aveia + 34 kg ha⁻¹ de azevém), 75% aveia e 25 % azevém (80 kg ha⁻¹ de aveia + 12 kg ha⁻¹ de azevém) e 60% aveia e 40% azevém (63 kg ha⁻¹ de aveia+ 18 kg ha⁻¹ de azevém). A semeadura foi realizada manualmente no dia 4 de maio de 2012 em solo com preparo convencional. A área total de cada parcela foi de 3,6 m² (1,8 x 2 m), com nove linhas espaçadas a 0,20 m dentro da parcela, entre blocos e parcelas o espaçamento foi de 0,50 m e a área útil de cada parcela foi de 1 m².

A adubação nitrogenada foi aplicada em cobertura no início do perfilhamento, na forma de ureia, na quantidade de 150 kg de N ha⁻¹.

O monitoramento da interceptação luminosa (IL) foi realizado uma vez por semana e quando estava próximo a 95% eram realizadas as medições diariamente. Para as avaliações de IL foi utilizado o aparelho analisador de dossel ceptômetro Accupar ®. Foi utilizado quatro pontos de leitura por parcela e em cada ponto foi realizada uma leitura acima do dossel e outra ao nível do solo. No momento em que a forragem

apresentou 95% da (IL) foram estimados os valores do índice de área foliar (IAF), fornecido pelo aparelho em cada leitura. A altura da forragem foi avaliada com uma régua graduada em cm, em seis pontos aleatórios dentro da parcela. Nesse momento foi realizado os cortes e com os dados obtidos de massa seca total de forragem (MST), massa seca de folhas (MSF) e massa seca de colmo (MSC) foram realizadas a estimativa de produção de MS por hectare. A altura de resíduo pós-corte foi a metade da altura em que a forragem apresentou 95% de IL.

A MST foi determinada conforme a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Para a determinação da MSF e MSC, foi utilizada a área útil total da parcela (1 m²), a separação foi realizada da parte superior da planta, não contabilizando o resíduo, afim de representar a parte retirada pelos animais.

As amostras frescas foram pesadas, acondicionadas em sacos de papel, levadas a estufa com circulação de ar forçada a 55° C por aproximadamente 72 horas ou até peso constante.

Os dados foram submetidos a análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade pelo programa Assistat 7.7 beta. Foi determinado o *coeficiente de correlação de Pearson, o qual é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. As estimativas dos coeficientes das correlações foram obtidas entre as características, duas a duas, considerando as médias de todos os tratamentos utilizando o programa estatístico Assistat 7.7 beta.*

Resultados e discussões

O primeiro corte das pastagens ocorreu aos 68 dias após a semeadura (DAS) para o azevém estreme e 71 DAS para aveia estreme, enquanto para os consórcios ocorreu 69 DAS (Figura 1). Estes resultados foram semelhantes aos de Flaresso et al. (2001), que observaram 68 DAS para a primeira utilização para o consórcio de aveia e azevém. Roso et al. (1999) afirmam que a mistura de aveia e azevém visa associar as máximas produções de massa para evitar a flutuação no fornecimento de forragem aos animais, desta forma a máxima produção de aveia se concentra nos períodos iniciais da pastagem de inverno devido a sua precocidade, arquitetura e disposição das folhas, diferentemente do azevém que sua participação aumenta ao longo do período de primavera (AGUINAGA et al., 2008). Skonieski et al

(2011) avaliaram azevém consorciado com aveia e concluíram que o consórcio com a aveia altera a composição estrutural do azevém, contribuindo para manutenção do valor nutritivo ao longo do tempo e possivelmente para o aumento do período de utilização da pastagem.

Foram realizados três cortes para todas as densidades, pois o período experimental coincidiu com período de déficit hídrico, com isso as plantas não atingiram 95% de IL após o terceiro corte. Flaresso et al. (2001) realizaram em média de três anos de experimento 3,3 cortes para aveia e 3,7 cortes para azevém semeados em maio, já para a aveia e o azevém semeados em março obtiveram 5,7 e 5,3 cortes respectivamente.

Em relação à semeadura realizada nos meses de maio e junho observaram um período mais longo para a primeira utilização e menor número de cortes, diminuição atribuída a condições pouco favoráveis de precipitação, além de temperaturas mais baixas, reduzindo desta forma a taxa de crescimento (FLARESSO et al., 2001). Não houve diferença significativa para a produção de massa seca total (MST), no entanto houve variação máxima de 3.617 kg ha⁻¹ e mínima de 2.895 kg ha⁻¹, para 100% AV e 75% AV+ 25% AZ, respectivamente.

A média de produção de massa seca dos consórcios foi de 3.242 kg ha⁻¹. Carvalho et al. (2010) avaliando consórcio de aveia e azevém na densidade de 100 kg ha⁻¹ de aveia e 25 kg ha⁻¹ de azevém obteve em média 4.060 kg ha⁻¹ em pastagem manejadas em alturas de 40cm. Segundo Hodgson (1990) em gramíneas hibernais a MS não deve ser menor do que 1.500 kg ha⁻¹ para não limitar o consumo dos animais.

Foi constatada diferença significativa (p<0,05) para a relação folha/colmo, sendo no primeiro corte elevada para todos os tratamentos, no entanto para o segundo e terceiro corte essa relação diminuiu, assim como os valores encontrados por Tonato et al. (2014) que avaliaram aveia e azevém em cultivo isolado e consorciados deixando resíduo de 7 cm.

Um dos motivos desta redução é a maturidade fisiológica da planta, ocorrendo o alongamento dos colmos em razão da elevação gradual do meristema apical, processo comum a gramíneas forrageiras (PELEGRINI et al., 2010, SKONIESKI et al., 2011). A maior relação folha/colmo foi obtida no tratamento com 100% AZ (4,27) e a menor relação verificada no tratamento com 100% AV (2,01) (Tabela 1). Carvalho et al. (2010) obteve valores menores

para pastagem com altura de 40 cm (0,58), isso ocorreu provavelmente por ter sido obtido a relação folha/colmo de planta inteira. Tonato et al (2014), encontraram valores referentes a participação em percentagem na composição botânica de 1,07, 2,34 e 1,76 para aveia, azevém e consórcio respectivamente.

Obteve-se diferença significativa para a MSF, os tratamentos onde a densidade de sementeira do azevém foram maiores a MSF também foi maior, variando de 2.477 kg ha⁻¹ para 100% AZ, 2.137 kg ha⁻¹ para 25% AV+ 75% AZ e 2.002 kg ha⁻¹ para 50% AV+ 50% AZ, indicando que o azevém tem maior contribuição em MSF (Tabela 1). Esses valores são superiores, aos encontrados por Bandinelli et al. (2005) que ao avaliaram consórcio de aveia (80 kg ha⁻¹) e azevém (40 kg ha⁻¹) e encontraram MSF de 621 kg ha⁻¹. No experimento realizado por Tonato et al. (2014) puderam concluir que o cultivo de azevém isolado produz maiores proporções de folha (70%) do que aveia isolada ou o consórcio das duas forrageiras, afirmando desta forma uma maior vantagem em se trabalhar apenas com azevém. Para melhorar o desempenho animal em pastagem de inverno, deve-se dar especial atenção à contribuição de lâminas foliares na massa de forragem da pastagem, uma vez que sua participação depende principalmente do estágio de desenvolvimento da aveia e do azevém (AGUINAGA et al., 2008).

O tratamento com 100% AZ apresentou a menor MSC, isso pode estar relacionado a maior produção de folhas e maiores IAF, bem como altura de corte menor, já o consórcio 25% AV + 75% AZ apresentou maior MSC (Tabela 1), no entanto não houve diferença estatística.

Não foi verificada diferença estatística para IAF, porém nas médias dos cortes as densidades maiores de azevém obtiveram IAF maior, sendo 4,79 e 4,75 (100 % AZ) e (25 % AV+ 75% AZ), respectivamente (Tabela 1).

Houve diferença estatística ($p < 0,05$ %) para a altura de corte, o azevém estreme foi o tratamento que a altura de corte foi menor, em média 30% comparado com 100% AV (Tabela 1). Para Aguinaga et al. (2008) pastagem de aveia e azevém manejados entre 25 e 35 cm de altura apresentam massa de forragem relativamente constante ao longo do período de utilização, em torno de 3.000 kg ha⁻¹ de MS, o que indica equilíbrio dinâmico entre produção, morte e consumo de tecidos, esse mesmo autor encontrou MST em consórcio de aveia e azevém manejados

a 40 cm de altura médias acima das encontradas nesse estudo, em torno de 4.785 kg ha⁻¹.

Todos os cortes foram realizados quando a média da parcela apresentasse 95% de IL, segundo Simões e Prado (2011) quando o dossel atinge essa IL as folhas inferiores passam a ser totalmente sombreadas. A partir desse ponto, as taxas de fotossíntese e respiração do dossel tornam-se muito próximas, desta forma, ocorre maior frequência de desfolha e as taxas de alongação de colmo - TelC são menores (PEDREIRA et al., 2009). No entanto percebe-se que aveia e azevém consorciadas ou estremes sementeiras em linha apresentam esse ponto de compensação com maior intervalo de tempo, ou seja, a TelC maior quando comparada com sementeira a lanço.

Ferrazza et al. (2013) avaliando forrageiras de inverno sementeiras a lanço sudoeste do Paraná, encontraram alturas de 30 e 25 cm correspondente a 95% de IL para aveia e azevém com produções 2.976 kg ha⁻¹ e 7.429 kg ha⁻¹ para aveia e azevém estreme, respectivamente, os resultados da altura de corte para aveia são 25% maior aos encontrados nesse estudo, no entanto os resultados observados para o azevém são semelhantes.

Obteve-se correlação positiva e significativa entre MSF e F/C e para MSF e IAF com grau de associação entre essas duas características de $r = 0,86$ e $0,89$ respectivamente, indicando que quando maior for a MSF maior será a F/C da forragem e o IAF (Tabela 2). Müller et al. (2012) verificaram que os componentes da matéria seca de folhas e matéria seca de colmo foram fortemente correlacionadas com a produção de matéria seca total, esse resultado não se repetiu nesse experimento, isso pode ser explicado ao fato a MST ser relacionado a média de produção de forragem e não correspondente à somatória das produções em todos os cortes. Oliveira et al. (2007) ao estudar cana de açúcar, observaram correlações positivas e com associação de elevada magnitude ao correlacionar IAF e produção de massa seca total, segundo Leme et al. (1984) isso pode relacionar a cultivares com maiores rendimentos.

A correlação entre AC e F/C foi negativa com $r = -0,88$ (Tabela 2), indicando a tendência de altura de corte de plantas mais baixas apresentam relação F/C maior, corroborando com os dados de Pelegrini et al. (2010) que afirmam a ocorrência da maturação fisiológica nas gramíneas acarreta a alongação de colmo,

aumentado a altura de pastejo e diminuindo a F/C.

As forrageiras consorciadas de aveia e azevém nas proporções em que o azevém contribuiu com 50% e 75% na densidade de semeadura obtiveram produção de massa seca de folhas maiores comparadas com as densidades de 25 % e 40%, em consequência, a relação folha/colmo também foi maior.

O cultivo estreme de azevém apresenta vantagens em relação ao cultivo em consórcio com aveia por oferecer maior massa seca de folhas e principalmente pela relação folha/colmo ser maior, além de ser a primeira forrageira disponível para utilização com 68 DAS.

O cultivo do azevém estreme apresenta vantagens ao consórcio com aveia por apresentar maior relação folha colmo, contribuindo para menores alturas de corte.

Referências

- AGUINAGA, A. A. Q.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. et al. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 9, p.1523-1530, 2008.
- BANDINELLI, D. G.; QUADROS, F. L. F.; MAIXNER, A. R. et al. Desempenho animal em pasto de aveia e azevém com distintas biomassas de lâminas foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1231-1238, 2005.
- CARVALHO, P. C. F.; ROCHA, L. M.; BAGGIO, C. et al. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 9, p. 1857-1865, 2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- FERRAZZA, J. M.; SOARES, A. B.; MARTIN, T. N. et al. Produção de forrageiras anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 379-389, 2013.
- FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. Época e densidade de semeadura de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1969-1974, 2001.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex: Longman Group UK, 1990. 203 p.
- LEME, E. J. A.; MANIERO, M. A.; GUIDOLIN, J. C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. **Cadernos PLANALSUCAR**, v. 2, p. 3-9, mar. 1984.
- MORAES, A. Manejo de pastagem. In: MONTEIRO, A. L. et al. (Eds). **Forragicultura no Paraná**. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996. p. 109-122.
- MÜLLER, L.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P. et al. Correlação de Pearson e canônica entre componentes da matéria seca de forragem e sementes de azevém. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n.1, p. 86-93, 2012.
- PELEGRINI, L. G.; MONTEIRO, A. L. G.; NEUMANN, M. et al. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 9, p. 1894-1904, 2010.
- PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.
- PONTES, L. S.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C. et al. Fluxo de biomassa em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 529-537, 2004.
- OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L.C. et al. Área foliar em três cultivares de cana de açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.
- ROSO, C.; RESTLE, J.; SOARES, A. B. Aveia preta, triticale e centeio em mistura com azevém: dinâmica e qualidade de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 75-84, 2000.

____.; ____.; _____. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 459-467, 1999.

SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F. et al. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro região do brejo paraibano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, dez. 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SIMÕES, R. A. L.; PRADO, G. A. F. Utilização da interceptação luminosa como estratégia para o

manejo do pastejo em sistemas tropicais. **Caderno de Pós-Graduação da Fazu**, Uberaba, v. 2, 2011.

SKONIESKI, F. R.; VIEGAS, J.; BERMUDEZ, R. F. et al. Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagem de azevém consorciadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 550-556, 2011.

TONATO, F.; PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S. et al. Aveia preta e azevém anual colhidos por interceptação de luz ou intervalo fixo de tempo em sistemas integrados de agricultura e pecuária no Estado de São Paulo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 104-110, 2014.

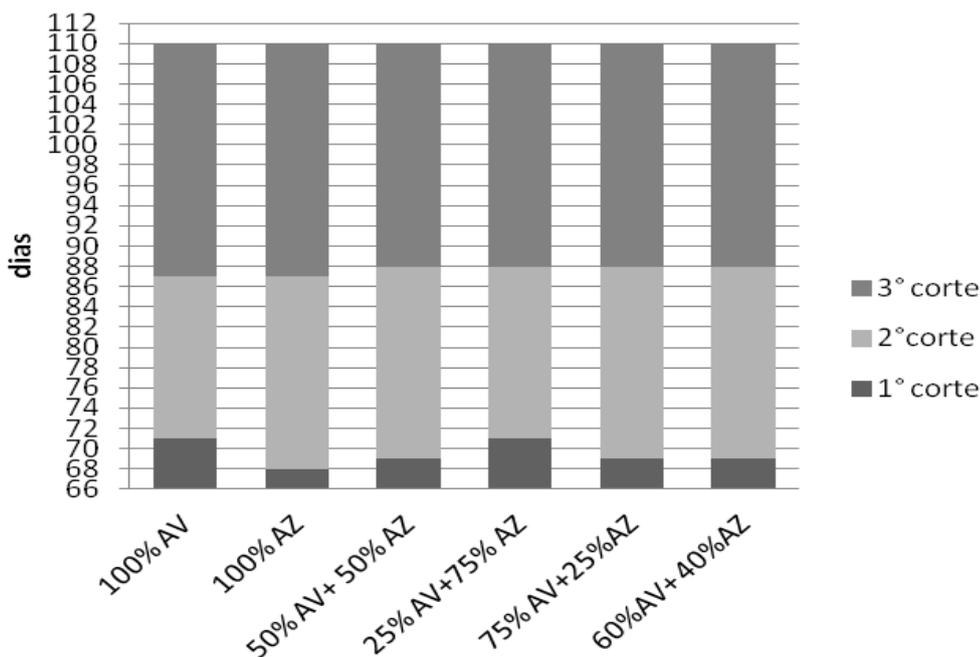


Figura 1 - Número médio de dias para primeiro, segundo e terceiro corte de aveia e azevém consorciados ou isolados em Guarapuava/PR, 2012.

Tabela 1 - Médias de produção de massa seca de forragem (MST), massa seca de folhas (MSF), massa seca de colmo (MSC), relação folha/ colmo (F/C), índice de área foliar (IAF), altura de corte (AC) de aveia e azevém, consorciados ou estremes em Guarapuava/PR.

Tratamentos	MST	MSF*	MSC	F/C *	IAF	AC *
kg ha ⁻¹					(cm)
100% Av	3617	1780 b	900	2,01 b	4,56	42,30 a
100% AZ	3203	2477 a	669	4,27 a	4,79	30,80 b
50% AV+ 50% AZ	3092	2002 ab	715	2,90 ab	4,75	41,20 a
25%AV+75% AZ	3543	2137 ab	1028	2,22 ab	4,75	39,20 a
75% AV+ 25% AZ	2895	1636 b	835	2,09 b	4,45	39,40 a
60% AV+ 40% AZ	3437	1883 ab	1005	2,14 ab	4,65	41,14 a
CV	13,75	16,78	32,58	41,86	6,94	8,05

*Significativo p <0,05 pelo teste F

Tabela 2 - Correlação das variáveis: massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), massa seca de colmo (MSC), relação folha/ colmo (F/C), índice de área foliar (IAF), altura de corte (AC).

Tratamentos	MST	MSF	MSC	F/C	IAF	AC
MST	-	0,12	0,64	-0,29	0,22	0,27
MSF		-	-0,39	0,86*	0,89 **	-0,81
MSC			-	-0,78	-0,25	0,55
F/C				-	0,66	-0,88*
IAF					-	-0,47
AC						-

**Significativo a 99% de probabilidade pelo teste t, *Significativo a 95% de probabilidade pelo Teste t

Resíduos orgânicos da agroindústria vinícola e da atividade avícola como fertilizante no cultivo da alface¹

André Samuel Strassburger², Caren Regina Cavichioli Lamb², André Dabdab Abichequer³

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a produtividade e a extração de nutrientes na alface com o uso de resíduos provenientes da agroindústria vinícola e da atividade avícola como fertilizantes orgânicos. Os resíduos da uva para a elaboração de vinho foram compostados, enquanto o resíduo da atividade avícola passou por um processo térmico, a partir do qual foi obtida uma solução de nutrientes usada na fertirrigação. Os tratamentos foram: T1, sem adubação; T2, adubação mineral recomendada; T3, 50% da recomendação de composto de bagaço de uva (CBU); T4, 100% da recomendação de CBU; T5, 200% da recomendação de CBU; T6, 50% da recomendação de esterco de frango líquido (EFL); T7, 100% da recomendação de EFL; e T8, 200% da recomendação de EFL. Os fertilizantes orgânicos à base de composto de bagaço de uva e do esterco de frangos termoprocessado apresentaram potencial para uso no cultivo da alface. Para o composto de bagaço de uva, a recomendação mínima a ser usada é de 100%. Para o esterco de frango líquido, a aplicação do dobro da dosagem não é recomendada, pois não proporciona aumento da produção de biomassa e produtividade.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. Reciclagem de nutrientes. Nutrição vegetal. Produção orgânica.

Organic waste of winery and poultry rearing with fertilizer for lettuce

Abstract - The aim of this study was to evaluate the growth, yield and nutrients uptake in lettuce with winery and poultry rearing waste as organic fertilizer. The winery waste was composted, while the poultry rearing waste was submitted for a thermic process to obtain a nutrient solution used in fertirrigation. The treatments were composed by different concentrations of plants organic fertilizer: T1, without fertilizer; T2, recommended mineral fertilizer; T3, 50% of recommended composted winery waste (CWW); T4, 100% of CWW; T5, 200% of CWW; T6, 50% of recommended poultry liquid waste (PLW); T7, 100% of PLW; and T8, 200% of poultry PLW. The organic fertilizer based on winery and poultry rearing wastes showed potential for organic fertilization in lettuce. The compost of winery waste should be used in recommendation of 100%. The poultry waste liquid solution should not use concentration higher than 100%, because there is no increasing in growth and yield of lettuce.

Key words: *Lactuca sativa*. Nutrient recycling. Vegetal nutrition. Organic cropping.

¹ Manuscrito recebido em 28/08/2014 e aceito para publicação em 14/10/2014. Projeto de pesquisa desenvolvido com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul.

² Doutores, Pesquisadores, Fepagro Serra do Nordeste, Cento de Pesquisa Celeste Gobbato, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. CEP: 95125-000. E-mails: andre-strassburger@fepagro.rs.gov.br; caren-lamb@fepagro.rs.gov.br.

³ Doutor, Pesquisador, Fepagro Sede, Rua Gonçalves Dias, 570, Bairro Menino Deus, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. CEP: 90130-060. E-mail: andre-abichequer@fepagro.rs.gov.br.

Introdução

Dentre as principais atividades agrícolas da Serra Gaúcha, a vitivinicultura possui destaque, sendo a região brasileira que mais produz vinho no país. Estima-se que no ano de 2010 foram processados cerca de 560 milhões de toneladas de uva no Rio Grande do Sul (MELLO, 2011). Dessa forma, sabendo-se que para cada 1.000 kg de uva vinificada é gerado cerca de 350 kg de resíduos (PATO, 1975), o setor produziu cerca de 196 milhões de toneladas de subprodutos que, se não forem devidamente tratados, constituem um potencial poluente ambiental (CATANEO et al., 2008).

Enquanto a vitivinicultura é destaque na Região Serra na área agrícola, a criação de frangos, de corte e de postura, é destaque na produção animal. Devido à demanda cada vez maior por produtos oriundos da cadeia avícola, observa-se o aumento das unidades de produção intensiva e, também, dos resíduos que essa atividade gera. No caso da avicultura de corte, a cama de frango é o principal resíduo gerado. O material é formado por restos de ração, fezes, urina, penas e o substrato absorvente usado para forrar o chão dos galpões (geralmente casca de arroz ou maravalha). O esterco de aves criadas em sistema de confinamento para corte juntamente com a cama de aviário tem sido utilizado em solos agrícolas, pois é considerada fonte de nutrientes para as plantas (KIEHL, 2002; RODRIGUES et al., 2008; GUARESCHI et al., 2013).

Para uso agrônômico, é importante que alguns resíduos, dentre eles os resíduos da atividade vinícola e a cama de aviário, sejam submetidos a processos de estabilização antes de serem incorporados ao solo, a fim de reduzir possíveis efeitos adversos à saúde humana, às plantas e ao solo.

Um método amplamente utilizado com essa finalidade é a compostagem. Trata-se de um processo de decomposição aeróbia controlada e de estabilização da matéria orgânica, em condições que permitem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas resultantes de uma produção calorífica de origem biológica, com obtenção de um produto final estável, sanitizado, rico em compostos húmicos (VALENTE et al., 2009) e cuja utilização no solo melhora suas características químicas, físicas e biológicas. A facilidade de condução e os baixos custos para o desenvolvimento do processo justificam sua adoção, tornando-se alternativa para a

transformação de resíduos orgânicos grosseiros em um produto estável, com características nutricionais adequadas para a melhoria da fertilidade do solo (PEIXOTO, 2005).

Alguns agricultores da Serra Gaúcha e do Vale do Caí, que se dedicam ao cultivo de hortaliças, têm empregado um processo térmico que consiste em ferver uma parte de esterco para nove partes de água durante um período de 4 horas. Após a redução da temperatura da mistura, o material é coado e a solução obtida como fertilizante, aplicando-o via fertirrigação. Embora a prática venha sendo cada vez mais adotada, pouca informação técnico-científica foi gerada até o momento com o intuito de identificar as potencialidades e as limitações dessa prática.

Vários trabalhos já foram realizados com o objetivo de avaliar diversos resíduos agroindustriais como fertilizantes orgânicos (GALVÃO et al., 2008; ADEKIYA e AGBEDE, 2009; ONWUDIKE, 2010; FREITAS et al., 2012; GUARESCHI et al., 2013; RÓS et al., 2014). Todavia, são escassos os trabalhos enfocando o uso do bagaço de uva compostado e praticamente inexistentes os trabalhos científicos relacionados com o uso de esterco de frangos líquido termoprocessados para uso em fertirrigação.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento, a produtividade e a extração de nutrientes na alface mediante o uso de resíduos provenientes da agroindústria vinícola e da atividade avícola como fertilizantes orgânicos.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fepagro Serra do Nordeste, no Centro de Pesquisa Celeste Gobbato, localizado no município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. A localização geográfica aproximada é: latitude 29° 08' Sul, longitude 50° 59' Oeste e altitude aproximada de 720 metros acima do nível do mar.

O resíduo oriundo da indústria vitivinícola, composto pelas cascas, sementes e engaço, foi compostado em sistema de leiras. Para tanto, foi formada uma pilha de aproximadamente 2,0 m de comprimento, 1,2 m de largura e 1,0 m de altura. Optou-se pelo sistema de leira por esse ser mais simples, de fácil aplicação e mais barato. A leira foi construída no dia 08/03/2012 e o processo de compostagem encerrou-se no dia 10/11/2012. Após essa data, amostras do composto foram encaminhadas para o Laboratório de Química Agrícola da Fepagro Sede, onde foram

determinadas as concentrações de macro e micronutrientes, conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). A composição química do composto de bagaço de uva foi: N: 2,65%, P: 0,48%, K: 3,29%, Ca: 0,65%, Mg: 0,26%, S: 0,23%, B: 29 mg kg⁻¹, Zn: 29 mg kg⁻¹, Cu: 164 mg kg⁻¹, Mn: 390 mg kg⁻¹, Fe: 1.732 mg kg⁻¹. O teor de umidade do composto foi de 50,5%.

O fertilizante líquido foi obtido a partir do processamento térmico da cama de frango proveniente de sistemas intensivos de criação de frangos de corte. A proporção entre a cama de frango e a água foi de 1:9. O material foi misturado e fervido durante quatro horas em um tonel com capacidade para 200 L. Após esse processo, o líquido resultante foi coado e usado na fertirrigação. A metodologia empregada foi baseada no processo amplamente adotado por olericultores da região do Vale do Caí e Serra Gaúcha para a obtenção de uma solução nutritiva com base orgânica. A composição química do fertilizante líquido termoprocessado foi: N: 2,00%, P: 1,24%, K: 5,56%, Ca: 12,06%, Mg: 1,04%, S: 1,10%, B: 87 mg kg⁻¹, Zn: 821 mg kg⁻¹, Cu: 174 mg kg⁻¹, Mn: 1077 mg kg⁻¹, Fe: 6390 mg kg⁻¹. Esses teores foram obtidos após a secagem do fertilizante, sendo que o teor de umidade era de 95%.

O experimento com a cultura da alface foi realizado em ambiente protegido modelo túnel alto, com dimensões de 15 m de comprimento, 5 m de largura e altura central de 2,5 m. As mudas foram obtidas com produtores especializados da região. A cultivar utilizada foi do grupo crespa, cultivar Vera da empresa Sakata®. O transplante foi realizado no dia 18/06/2013, aos 35 dias após a semeadura e a colheita (avaliação final) no dia 06/08/2013. Antes do início do experimento, foi realizada a amostragem e análise química do solo, conforme Tedesco et al. (1995), apresentando a seguinte composição química: 3,4% de matéria orgânica, 12,3 e 200 mg dm⁻³ de P e K, respectivamente; pH de 5,8, índice SMP de 5,9 e 0,0; 7,4; 4,4; 4,9; 17,2, 12,3 cmolc dm⁻³ de Al, Ca, Mg, H+Al, CTC a pH7 e CTC efetiva, respectivamente, e 0,46; 2,5; 2,4; 7,9 e 0,56 mg dm⁻³ de B, Zn, Cu, Mn e Fe, respectivamente.

A saturação de bases foi de 71% e de Al 0,0%. Posteriormente, com o auxílio de um arado subsolador, o solo foi descompactado. Foram construídos três canteiros com dimensões de 1,1 m de largura, 0,3 m de altura e 10,0 m de comprimento. A irrigação foi realizada de acordo com a demanda da cultura pelo método de gotejamento. Os canteiros foram cobertos com

plástico preto. Cada parcela experimental constou de 16 plantas, dispostas em quatro fileiras no canteiro, espaçadas 0,3 m entre plantas e 0,3 m entre linhas. Entre cada centro de canteiros o espaçamento era de 1,1 m. Assim, a densidade de cultivo aproximada foi de 80.000 plantas por ha, considerando-se o cultivo protegido.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados com três repetições. Os tratamentos experimentais adotados foram: T1, sem adubação; T2, adubação mineral recomendada; T3, 50% da recomendação de composto de bagaço de uva; T4, 100% da recomendação de composto de bagaço de uva; T5, 200% da recomendação de composto de bagaço de uva; T6, 50% da recomendação do esterco líquido de frango; T7, 100% da recomendação do esterco líquido de frango; e T8, 200% da recomendação do esterco líquido de frango.

Para a definição da dose recomendada (100%), foi considerada a recomendação para adubação orgânica da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (2004) para a cultura da alface, que considera a composição química do solo, o teor de nutrientes dos fertilizantes e a necessidade da cultura (270 kg ha⁻¹ de uréia, 170 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 155 kg ha⁻¹ de KCl). Utilizou-se uréia recoberta por enxofre que possui liberação lenta de nitrogênio e um teor de 37% de N, superfosfato triplo com 41% de P₂O₅ e KCl com 60% de K₂O. O nutriente tomado como base para calcular a dose recomendada e os tratamentos, tanto para o fertilizante à base de composto de bagaço de uva como o esterco de frango líquido foi o N por ser o nutriente com quantidade intermediária nos fertilizantes.

Para o fertilizante de composto de bagaço de uva, a recomendação foi a seguinte: 15.000 kg ha⁻¹ de bagaço de uva compostado, acrescidos de 121 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, sendo toda adubação realizada na base. Para o fertilizante líquido, foi realizada a adubação de base recomendada, sendo que 25% da adubação nitrogenada foi realizada na base e o restante em cobertura via fertirrigação, utilizando-se 150 mL de húmus líquido por planta aplicados a cada 15 dias, a partir da segunda semana após o transplante em quatro momentos. A dose de húmus líquido utilizada também foi baseada naquelas utilizadas por agricultores da região para o cultivo de hortaliças. A acidez do solo foi corrigida para um pH 6,0 com a aplicação de

4.800 kg ha⁻¹ com calcário dolomítico para todos os tratamentos.

O número de folhas foi contado anteriormente à determinação da massa fresca e seca das plantas. A produtividade foi obtida pela relação entre a massa fresca média das folhas das plantas amostradas a densidade de cultivo.

O crescimento das plantas foi determinado mediante a quantificação da produção das massas fresca e seca acumuladas da parte aérea das plantas ao final do ciclo de cultivo com o uso de estufa de ventilação forçada a 65°C. Para tanto, as plantas foram divididas em folhas e caule, tiveram sua massa fresca quantificada e, após o processo de secagem, tiveram sua massa seca determinada. Tanto a massa fresca como a massa seca foram determinadas em balança de precisão.

Após, o material vegetal foi submetido à análise da composição química do tecido vegetal no Laboratório de Solos da Fepagro Sede, sendo determinado os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, zinco, cobre, manganês e ferro conforme Tedesco et al. (1995). O teor de nutrientes refere-se à quantidade de nutrientes proporcionais existentes na massa seca da planta, expressando a concentração do mesmo. Os valores foram obtidos pela relação entre a concentração do nutriente no tecido vegetal obtido pela análise química (dada em porcentagem) e um quilograma de massa seca produzida pelas plantas. A extração dos nutrientes expressa o quanto cada planta extraiu do solo, sendo obtida pelo teor de cada nutriente o tecido vegetal e a produção total de massa seca de cada planta. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste *t* de Fischer a 5% de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

De maneira geral, de acordo com a análise de variância, todos os tratamentos à base de fertilizantes orgânicos apresentaram valores superiores a testemunha sem fertilização para as variáveis de crescimento (produção de massa fresca e seca) e produtividade, com exceção do tratamento 3, que apresentou valores semelhantes (Tabela 1). Para a maior parte das variáveis, os tratamentos com fertilizante líquido de esterco de frango termoprocessado, apresentaram valores semelhantes à testemunha com adubação química recomendada.

Os tratamentos com adição de fertilizante sintéticos de rápida liberação de nutrientes (T2,

T6, T7 e T8), apresentaram maior crescimento (produção de massa fresca e seca) e produtividade em comparação com os tratamentos 1 e 3. Ainda, para a produção de massa fresca e seca das plantas, os tratamentos com fertilizante à base de composto de bagaço de uva (Tratamentos 3, 4 e 5) apresentaram valores superiores à testemunha sem adubação, sendo que as doses de 50 e 100% foram inferiores ao tratamento com adubação química (Tratamento 2). Possivelmente esse fenômeno esteja ligado à menor disponibilidade imediata de nutrientes, visto que a adubação de base em todos os tratamentos foi realizada no mesmo momento. Mesmo que o bagaço de uva tenha sido compostado, a disponibilização dos nutrientes não é imediata como nos fertilizantes sintéticos, o que pode retardar o crescimento das plantas.

Os nutrientes presentes no composto orgânico, principalmente nitrogênio e fósforo, possuem uma liberação mais lenta quando comparadas com adubos minerais, pois dependem da mineralização da matéria orgânica (RAIJ et al., 1996 citado por MAGRO et al., 2010). Todavia, com o uso contínuo de fertilizantes orgânicos, problemas como esse tendem a ser amenizados em virtude da constante mineralização da matéria orgânica e liberação dos nutrientes, o que equilibra a nutrição das plantas. Segundo Viana e Vasconcelos (2008), a matéria orgânica adicionada ao solo apresenta efeitos imediatos e residuais por meio de um processo mais lento de decomposição e liberação de nutrientes.

Observa-se que ocorreu pouca variação para o número de folhas das plantas. Os valores ficaram entre 19 e 24 folhas, sendo que o tratamento 2 foi superior aos tratamentos 1, 3 e 4. Possivelmente, em virtude da menor concentração e liberação mais lenta de nutrientes nos tratamentos 1, 3 e 4, pode ter ocorrido um atraso no ciclo das plantas submetidas a esses tratamentos. Radin et al. (2004) observaram diferenças no número de folhas entre as cultivares Regina, Marisa e Verônica, sendo que a primeira apresentou maior número de folhas em comparação às outras duas, tanto em ambiente protegido com a céu aberto, sendo que as cultivares Marisa e Verônica, pertencentes ao grupo crespada apresentaram em ambiente protegido média de 22 folhas por planta, valor semelhante ao observado no presente trabalho.

Em estudos de fertilização de culturas agrícolas, a produtividade da cultura é uma das variáveis mais importantes na pesquisa, pois é ela que mostrará a eficiência dos adubos utilizados.

Nesse sentido, a produtividade do cultivo variou de 10,7 a 19,4 Mg de massa fresca por ha, destacando-se os tratamentos 2, 6, 7 e 8. Galvão et al. (2013) estudaram doses de composto orgânico e obtiveram produtividades que variaram de 2,9 até 11,0 Mg ha⁻¹. Porto et al. (2013), estudando o comportamento de sete cultivares de alface americana no Rio Grande do Norte, obtiveram produtividades entre 10 e 21 Mg ha⁻¹. Dentre os fatores que interferem na atividade fotossintética e, conseqüentemente, na produtividade das plantas, destaca-se a radiação solar disponível, a concentração de CO₂, a temperatura do ar e a disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas (TAIZ e ZIEGER, 2004; MARENCO e LOPES, 2007). No presente trabalho, todos os fatores foram mantidos em condições idênticas para todos os tratamentos, com exceção da quantidade e fonte de nutrientes, o que foi suficiente para interferir no crescimento e produtividade da alface, demonstrando a necessidade de ajustes dos fertilizantes ainda mais em se tratando de adubação orgânica.

Para que não ocorram problemas de deficiências ou toxidez de nutrientes nas plantas, é importante que os nutrientes estejam em concentrações no tecido vegetal dentro de limites mínimos e máximos. Silva (1999) citado por Lopes et al. (2003) apresenta como valores de referência de teores de macronutrientes em tecido foliar de alface intervalos de: 30-50, 4-7, 50-80, 15-25, 4-6 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Para o nitrogênio, fósforo e potássio, os valores obtidos ficaram dentro do preconizado como ideal pelo autor, com exceção para os tratamentos 2, 6 e 8 que apresentaram valores levemente inferiores ao ideal para o fósforo e para T5 que apresentou valor inferior ao mínimo preconizado para o K. Para o cálcio, todos os tratamentos apresentaram valor abaixo do ideal, variando de 6,63 a 8,57 g de Ca kg⁻¹ de massa seca. Com relação ao magnésio, apenas os tratamentos 2, 6 e 7, apresentaram valores dentro do limite. Os demais tratamentos proporcionaram teores desse nutriente abaixo do preconizado como ideal.

Quanto ao enxofre, os valores ficaram abaixo do observado por Sandri et al. (2006) que determinou os teores de nutrientes na alface e obteve valores entre 3,7 a 4,2 g kg⁻¹ de massa seca. De acordo com Marcussi (2005) citado por Sedyama et al. (2014), existe forte associação entre a absorção de nutrientes e o desenvolvimento da planta sendo a produtividade dependente desta associação. Daí a importância

de se saber o teor de nutrientes na planta de modo a se avaliar seu respectivo estado nutricional, conforme Marcussi e Villas-Boas (2003), citados por Sedyama et al. (2014). Embora que para alguns nutrientes os valores tenham ficado aquém do limite mínimo estabelecido por Silva (1999) citado por Lopes et al. (2003), não foram diagnosticadas deficiências para nenhum dos nutrientes quantificados, possivelmente pela proximidade dos valores encontrados com aqueles preconizados como ideais.

Os tratamentos 2, 6, 7 e 8 foram os que proporcionaram maior exportação de nitrogênio pelas plantas de alface. Em relação ao fósforo o tratamento 7 foi superior aos tratamentos 1, 3, 4 e 6, sendo que os dois primeiros apresentaram os menores valores. Para o potássio, o tratamento 7 foi superior aos tratamentos 1, 3, 4, 5 e 6. O tratamento 1 apresentou menor exportação desse nutriente, todavia não diferiu dos tratamentos 3 e 5. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários. Os tratamentos 2 e 7 proporcionaram maior exportação de cálcio em comparação aos tratamentos 1, 3, 4 e 8 e o tratamento 1 apresentou o menor valor para essa variável, todavia, semelhante ao tratamento 3. Os tratamentos 2, 6 e 7 apresentaram maior acúmulo de magnésio em comparação aos tratamentos 1, 3, 4 e 5, todavia não superaram o tratamento 8. Houve pouca variação em relação à exportação do enxofre, todavia os tratamentos 7 e 8 apresentaram valores superiores ao tratamento 3. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários.

O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulada na planta, fornece informações importantes que podem auxiliar no programa de adubação das culturas (GRANGEIRO et al., 2006), disponibilizando-se quantidades adequadas e a possibilidade de parcelamento da adubação obtendo-se maior eficiência do processo. Deve-se considerar que fertilizantes com rápida liberação de nutrientes, como no presente estudo os fertilizantes minerais e o esterco líquido de frango, podem estimular a absorção de nutrientes proporcionando maior acúmulo no tecido vegetal. Granjeiro et al. (2006) estudaram o acúmulo de nutrientes em três cultivares de alface e obtiveram valores de 0,20 a 0,30 g planta⁻¹ de N, 0,33 a 0,45 g planta⁻¹ de K, 0,11 a 0,17 g planta⁻¹ de P, 0,11 a 0,14 g planta⁻¹ de Mg e 0,046 a 0,063 g planta⁻¹ de Ca. O valor de N obtido no presente trabalho é semelhante ao obtido pelo autor. Todavia, os valores de K (para os tratamentos 2, 6, 7 e 8) e de Ca (para os

tratamentos 2, 4, 5, 6, 7 e 8) foram superiores. Em contrapartida, os valores de P e Mg foram muito inferiores. A relação decrescente entre os macronutrientes foi idêntica tanto para a extração como para o acúmulo de nutrientes, sendo a seguinte: $K > N > Ca > P \approx Mg > S$.

Embora os micronutrientes sejam extraídos em menor quantidade em comparação aos macronutrientes, sua importância não é menor, sendo que valores abaixo do mínimo necessário causam deficiências nutricionais, redução do crescimento e da produtividade. O tratamento 5 proporcionou maior teor de boro no tecido vegetal da alface em comparação aos tratamentos 1, 2, 4, 6 e 7 (Tabela 3), enquanto que, os tratamentos 1 e 2 proporcionaram as menores concentrações. Os tratamentos 1, 7 e 8 proporcionaram maior teor de zinco em comparação aos tratamentos 2 e 5. O teor de cobre foi maior no tratamento 1 em comparação aos tratamentos 4 e 5, enquanto que, para o manganês, o tratamento 6 apresentou maior teor em comparação aos tratamentos 1, 3, 4 e 5. Já, o tratamento 7 proporcionou maior teor de ferro em comparação aos tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6. Os teores de Zn, Co e Mn no tecido vegetal da alface obtidos no presente estudo, estão abaixo dos teores apresentados por Sandri et al. (2006), enquanto para os teores de B (com exceção de T1 e T2, que proporcionaram teores levemente inferiores) e do Fe (com exceção de T1 e T7, que proporcionaram valores superiores) os valores foram semelhantes aos obtidos por estes autores.

O tratamento 7 proporcionou maior exportação de boro pelas plantas de alface em relação aos tratamentos 1, 2 e 3. O tratamento 1 apresentou a menor exportação desse nutriente, todavia, semelhante ao tratamento 3. Os tratamentos 7 e 8 proporcionaram maior exportação de zinco em relação aos tratamentos 1, 3, 4 e 5. Os tratamentos 1 e 3 apresentaram os menores valores, todavia não diferiram dos tratamentos 4 e 5. Com relação à exportação de cobre, observa-se maior valor no tratamento 7 em relação aos tratamentos 1, 3, 4 e 5, todavia não diferiram dos tratamentos 2, 6 e 8. Já, os tratamentos 3 e 5 apresentaram a menor exportação, todavia não diferiu dos tratamentos 1 e 4. Em relação ao manganês, os tratamentos 6 e 7 apresentaram maior exportação em comparação aos tratamentos 1, 3, 4 e 5. Já o tratamento 3 apresentou o menor valor, todavia os tratamentos 1 e 4 não o superaram. Para o ferro, o tratamento 7 foi superior aos tratamentos 1, 3, 4, 5, 6 e 8. Os

resultados obtidos em relação à extração de B, Zn, Co e Mn foi superior àquelas obtidas por Alvarenga et al. (2000). A relação de extração e de acúmulo de micronutrientes foi a seguinte: $Fe > Zn \approx B > Mn > Co$.

De maneira geral, os resultados obtidos com o tratamento sem fertilização do solo (apenas correção da acidez) apresentou resultados menos satisfatórios com relação ao crescimento, a produtividade, a exportação e o acúmulo de nutrientes, o que já era esperado.

Os tratamentos com adubação química de base e fertirrigação (tratamentos 2, 6, 7 e 8) apresentaram os melhores resultados. Nos tratamentos com fertirrigação com esterco líquido de frango, embora tenha sido substituído apenas a adubação de cobertura no cultivo, a fertirrigação representou 75% da adubação total recomendada para a alface. Possivelmente, o aporte mineral inicial e a fertirrigação, contribuíram para que os tratamentos com fertilização à base de esterco de frango termoprocessado apresentassem resultados semelhantes à adubação mineral. Todavia, com o tratamento com concentração acima da recomendação (T8), não houve incremento de rendimento.

Os tratamentos com fertilizante à base de composto de bagaço de uva apresentaram resultados intermediários. A mineralização da matéria orgânica, necessária para a liberação de nutrientes dos fertilizantes orgânicos, torna a disponibilidade de nutrientes mais demorada em comparação aos fertilizantes sintéticos, nos quais os nutrientes estão prontamente disponíveis para absorção pelas plantas. Assim, como toda a adubação foi realizada com fertilizantes orgânicos na base, as quantidades de nutrientes rapidamente liberados podem ter sido reduzidas, limitando o crescimento da cultura. De acordo com Figueiredo et al. (2012) a velocidade de decomposição e consequente mineralização dos resíduos orgânicos interferem diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas especialmente para aquelas de ciclo curto, como a alface.

Conclusões

Os fertilizantes orgânicos à base de composto de bagaço de uva e do esterco de frangos líquido apresentaram potencial para uso no cultivo da alface. Para o composto de bagaço de uva, a recomendação mínima a ser usada é de 100%. Para o esterco de frango líquido, a aplicação do dobro da dosagem não é recomendado, pois não

proporciona aumento da produção de biomassa e produtividade.

Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão do recurso para a execução do projeto de pesquisa.

Referências

ADEKIYA, A. O.; AGBEDE, T. M. Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as influenced by poultry manure and NPK fertilizer. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 21, n. 1, p. 10-20, 2009.

ALVARENGA, M. A. R.; SILVA, E. C. da; SOUZA, R. J. de. et al. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n.4, p. 905-916, out./dez. 2000.

CATANEO, C. B.; CALIARI, V.; GONZAGA, L. V. et al. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 93-102, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina - RS/SC. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; McMANUS, C. M. et al. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 175-179, 2012.

FREITAS, G. A. de; SOUSA, C. R. de; CAPONE, A. et al. Adubação orgânica no sulco de plantio e sua influência no desenvolvimento do sorgo. **Journal of Biotechnology Biodiversity**, v. 3, n.1, 2012.

GALVÃO, R. de O.; ARAÚJO NETO, S. E. de; FERREIRA, R. L. F. Plantio direto orgânico de alface sobre cobertura viva e morta e adubada

com composto. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 9, n. 3, p. 75-80, jul./set. 2013.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

GRANGEIRO, L. C.; COSTA, K. R.; MEDEIROS, M. A. et al. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 190-194, 2006.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; ROCHA, A. C. et al. Adubação com cama de frango e esterco bovino na produtividade de feijão azuki (*Vigna angularis*). **Revista Agrarian**, v. 6, n. 19, p. 29-35, 2013.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3. ed. Piracicaba: Ed. do Autor, 2002. 171 p.

LOPES, M. C.; FREIER, M.; MATTE, J. C. et al. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 211-215, 2003.

MAGRO, F. O.; ARRUDA, N.; CASA, J. et al. Composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 596-602, maio/jun. 2010.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

MELLO, L. M. R. de. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2010**. Embrapa Uva e Vinho, 2011. 4 p. (Boletim Técnico).

ONWUDIKE, S. U. Effectiveness of cow dung and mineral fertilizer on soil properties, nutrient uptake and yield of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) in Southeastern Nigeria. **Asian Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 3, 148-154, 2010.

- PATO, O. **O vinho**: métodos modernos de fabrico, tratamento e conservação. Lisboa: Clássica Editora, 1975. 421 p.
- PEIXOTO, R. T. dos G. Compostagem: princípios, práticas e perspectivas em sistemas orgânicos de produção. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. **Agroecologia**: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 387-422.
- PORTO, V. C. N.; SANTOS, E. C. dos; FERREIRA, L. L. et al. Componentes nutricionais de cultivares de alface em sistema orgânico de produção na região do Semiárido Potiguar. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.
- RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R. et al. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 178-181, 2004.
- RODRIGUES, G. S. O.; TORRES, S. B.; LINHARES, P. C. F. et al. Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L.), cultivar cultivada. **Revista Caatinga**, v. 21, n.1, p. 162-168, 2008.
- RÓS, A. B.; NARITA, N.; HIRATA, A. C.S. Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 205-214, 2014.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 45-57, 2006.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R. dos; VIDIGAL, S. M. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 588-594, 2014.
- TAIZ, E.; ZEIGER, L. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. Boletim Técnico, 5.
- VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 1, 2009.
- VIANA, E. M.; VASCONCELOS, A. C. F. Produção de alface adubada com termofosfato e adubos orgânicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 217-224, 2008.

Tabela 1 - Produção de massa fresca e seca, número de folhas e produtividade de plantas de alface cultivadas com o uso de resíduos orgânicos como fertilizantes. Fepagro Serra do Nordeste, Caxias do Sul, 2013.

Tratamento ¹	Massa fresca (g planta ⁻¹)		Massa seca (g planta ⁻¹)		Número de folhas (%)	Produtividade (Mg ha ⁻¹)
	Total	Folha	Total	Folha		
T1	118,18 e ²	112,50 e	6,44 c	6,00 c	20 bc	10,71 e
T2	211,5 a	200,82 a	10,82 ab	9,95 ab	24 a	19,12 a
T3	121,47 de	114,80 de	6,93 c	6,39 c	19 c	10,93 de
T4	160,16 cd	151,50 cd	9,34 b	8,58 b	20 bc	14,42 cd
T5	161,19 bcd	153,16 bcd	9,50 ab	8,79 ab	22 ab	14,58 bcd
T6	185,62 abc	176,56 abc	10,37 ab	9,68 ab	22 ab	16,81 abc
T7	214,44 a	203,76 a	11,70 a	10,96 a	23 a	19,40 a
T8	201,10 ab	191,11 ab	11,05 ab	10,34 ab	22 ab	18,20 ab
CV	13,00	13,57	13,39	13,5	6,89	13,56

¹ T1- sem adubação; T2- adubação mineral recomendada, T3- 50% da recomendação de composto de bagaço de uva, T4- 100% da recomendação de composto de bagaço de uva, T5- 200% da recomendação de composto de bagaço de uva, T6- 50% da recomendação de esterco de frango líquido, T7- 100% da recomendação de esterco de frango líquido e T8- 200% da recomendação de esterco de frango líquido. ² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste DMS de Fischer a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Teor e exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em plantas de alface cultivadas com o uso de resíduos orgânicos como fertilizantes. Fepagro Serra do Nordeste, Caxias do Sul, 2013.

Tratamento ¹	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹ massa seca)					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
T1	34,90 bc ²	4,03 a	53,13 a	7,87 abc	3,57 bc	1,70 a
T2	40,13 a	3,93 a	54,03 a	8,57 a	4,33 a	1,23 a
T3	34,47 bc	4,07 a	55,07 a	8,10 ab	3,60 bc	1,10 a
T4	30,73 c	4,17 a	51,03 a	7,17 bc	3,43 c	1,50 a
T5	31,27 c	4,53 a	48,60 a	8,07 ab	3,33 c	1,63 a
T6	37,43 ab	3,80 a	51,20 a	7,80 abc	4,03 ab	1,53 a
T7	39,43 ab	4,17 a	55,60 a	7,77 abc	4,00 ab	1,63 a
T8	35,60 abc	3,80 a	51,03 a	6,63 c	3,77 bc	1,87 a
CV	8,30	11,23	7,74	9,58	7,62	44,37
Tratamento	Exportação de macronutrientes na alface (g planta ⁻¹)					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
T1	0,224 b	0,026 c	0,342 d	0,051 d	0,023 d	0,011 ab
T2	0,434 a	0,042 ab	0,582 ab	0,092 a	0,047 a	0,013 ab
T3	0,240 b	0,028 c	0,382 cd	0,056 cd	0,025 cd	0,008 b
T4	0,287 b	0,039 b	0,476 bc	0,067 bc	0,032 bc	0,014 ab
T5	0,295 b	0,043 ab	0,457 bcd	0,077 ab	0,032 cd	0,016 ab
T6	0,386 a	0,038 b	0,527 b	0,081 ab	0,042 a	0,015 ab
T7	0,465 a	0,049 a	0,653 a	0,092 a	0,047 a	0,019 a
T8	0,387 a	0,042 ab	0,563 ab	0,072 b	0,041 ab	0,019 a
CV	14,1	14,67	14,45	11,87	14,17	44,06

¹ T1- sem adubação; T2- adubação mineral recomendada, T3- 50% da recomendação de composto de bagaço de uva, T4- 100% da recomendação de composto de bagaço de uva, T5- 200% da recomendação de composto de bagaço de uva, T6- 50% da recomendação de esterco de frango líquido, T7- 100% da recomendação de esterco de frango líquido e T8- 200% da recomendação de esterco de frango líquido. ² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste DMS de Fischer a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Teor e exportação de boro, zinco, cobre, manganês e ferro em plantas de alface cultivadas com o uso de resíduos orgânicos como fertilizantes. FEPAGRO Serra do Nordeste, Caxias do Sul, 2013.

Tratamento ¹	Teor de Micronutrientes (mg kg ⁻¹ de massa seca)				
	Boro	Zinco	Cobre	Manganês	Ferro
T1	25,00 d ²	34,33 a	13,67 a	23,00 bc	418,00 ab
T2	26,33 d	32,67 abc	12,33 ab	26,00 abc	383,00 cd
T3	34,33 ab	29,00 bc	11,33 ab	19,00 c	222,67 cd
T4	31,00 c	30,00 abc	10,90 bc	17,33 c	279,33 bcd
T5	35,33 a	27,67 c	8,67 c	15,67 c	194,67 d
T6	32,00 bc	34,00 ab	11,67 ab	35,00 a	276,33 bcd
T7	31,67 bc	34,67 a	12,00 ab	32,00 ab	455,00 a
T8	32,33 abc	35,00 a	12,00 ab	25,67 abc	329,33 abcd
CV	6,13	9,35	11,52	26,10	29,01
Tratamento	Extração de Micronutrientes (mg planta ⁻¹)				
	Boro	Zinco	Cobre	Manganês	Ferro
T1	0,163 d	0,222 c	0,089 cd	0,151 bc	2,727 bcd
T2	0,285 bc	0,351 ab	0,134 ab	0,282 ab	4,115 ab
T3	0,239 cd	0,202 c	0,079 d	0,132 c	1,543 d
T4	0,289 abc	0,280 bc	0,101 bcd	0,162bc	2,580 cd
T5	0,335 ab	0,263 bc	0,082 d	0,150 bc	1,839 d
T6	0,333 ab	0,356 ab	0,120 abc	0,375 a	2,880 bcd
T7	0,369 a	0,408 a	0,140 a	0,372 a	5,177 a
T8	0,364 ab	0,397 a	0,133 ab	0,278 ab	3,507 bc
CV	16,01	18,59	18,24	33,73	26,86

¹. T1- sem adubação; T2- adubação mineral recomendada, T3- 50% da recomendação de composto de bagaço de uva, T4- 100% da recomendação de composto de bagaço de uva, T5- 200% da recomendação de composto de bagaço de uva, T6- 50% da recomendação de esterco de frango líquido, T7- 100% da recomendação de esterco de frango líquido e T8- 200% da recomendação de esterco de frango líquido. ² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste DMS de Fischer a 5% de probabilidade de erro.

Caracterização de isolados de *Trichoderma* e seu potencial para o controle biológico de patógenos do feijoeiro *in vitro*¹

Priscila Pauly Ribas², Aida Terezinha dos Santos Matsumura³, Sueli Teresinha Van Der Sand⁴

Resumo - A ocorrência de doenças é o principal fator de redução na produção do feijoeiro comum no Brasil. *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* e *Sclerotinia sclerotiorum* são agentes causais de importantes doenças dessa cultura. Para que haja sucesso do controle biológico dessas e outras doenças, o conhecimento dos metabólitos produzidos pelos agentes de controle biológico, como *Trichoderma* spp. é essencial. Sob esse ponto de vista, este trabalho visou caracterizar diferentes isolados de *Trichoderma* spp. de acordo com os metabólitos produzidos pelos mesmos e verificar a capacidade antagonista desses isolados contra os patógenos citados. Foram testados 25 isolados, de três diferentes espécies de *Trichoderma*, quanto à produção de enzimas hidrolíticas, AIA e sideróforos bem como a capacidade de inibição do desenvolvimento dos patógenos por produção de metabólitos voláteis e antagonismo em teste de cultura pareada. Todos os isolados produziram quitinases, glucanases, proteases, AIA e sideróforos. A produção de metabólitos voláteis *in vitro* contra *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* foi eficiente em 24% dos isolados testados e 20% deles inibiram o crescimento de *S. sclerotiorum*. Em cultura pareada, a redução no crescimento de *S. sclerotium* variou entre 67,5-100%, enquanto para *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* a redução foi de 29-50%.

Palavras-chave: Murcha de *Fusarium*. Mofo branco. *Trichoderma* spp.

Trichoderma characterization and potential of biological control against bean phytopathogens *in vitro*

Abstract - The occurrence of diseases is the main reason for reduction in common bean production in Brazil. *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* and *Sclerotinia sclerotiorum* are the causative agents of important diseases of this crop. For the biological control to be successful for these and other diseases, the knowledge of the metabolites produced by the biocontrol agents such as *Trichoderma* spp. is essential. From this point of view, this study aimed to characterize different isolates of *Trichoderma* spp. according to their metabolites production and verify the ability of these antagonistic isolates against the pathogens above mentioned. Twenty five isolates were tested, from three different species of *Trichoderma*. Their ability to produce hydrolytic enzymes, IAA and siderophores as well as their ability to inhibit the development of pathogens by the production of volatile metabolites and antagonism in paired culture were analyzed. All isolates produced chitinase, glucanases, proteases, IAA and siderophores. The production of volatile metabolites *in vitro* against *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* was effective with 24% of the isolates tested and 20% were able to inhibit the growth of *S. sclerotiorum*. In paired cultures, the reduction in growth for *S. sclerotium* ranged from 67.5 to 100%, while for *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* reduction was from 29-50 %.

Key words: *Fusarium* wilt. White mold. *Trichoderma* spp.

¹ Manuscrito recebido em 21/03/2014 e aceito para publicação em 20/10/2014.

² Doutoranda do PPGMAA, bolsista Capes. Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rua Sarmento Leite, 500, sala 150, CEP: 90050-170, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: pripauly@gmail.com – Telefone: (51) 3308.3539.

³ Doutora em Genética e Biologia Molecular, responsável técnica da empresa ICB BIOAGRITEC LTDA, Rua Arabutan, 386, CEP: 90240-470, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: aida@ufrgs.br – Telefone: (51) 3022.2985.

⁴ PhD em Bioquímica e Microbiologia Molecular, professor associado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rua Sarmento Leite, 500, sala 150, CEP: 90050-170, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: svans@ufrgs.br – Telefone: (51) 3308.4505.

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão (*Phaseolus viulgaris* L.), tendo ocupado o primeiro lugar em sete dos últimos dez anos. O feijoeiro comum é cultivado no Brasil durante todo o ano por pequenos, médios e grandes produtores, em ecossistemas subtropical e tropical. Na safra 2012/2013, o país produziu 2,83 milhões de toneladas, com um rendimento médio de 924 kg ha⁻¹. Segundo Pereira et al. (2011), ocorrência de doenças é uma das principais causas de redução na produtividade do feijoeiro, e podem ser transmitidas por bactérias, fungos vírus e nematoides, entre as quais se destacam o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e a murcha de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*). O controle químico tem sido usado para o controle dessas doenças, mas o uso intensivo de agrotóxicos tem promovido diversos problemas de ordem ambiental, como a contaminação dos alimentos, do solo, da água e dos animais; a intoxicação dos agricultores; a resistência de patógenos a certos princípios ativos dos produtos aplicados; o surgimento de doenças iatrogênicas; o desequilíbrio ecológico, alterando a ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica; a eliminação de organismos benéficos e a redução da biodiversidade, entre outros (MORANDI e BETTIOL, 2009).

Antagonistas de fungos fitopatogênicos têm sido usados em controle biológico de doenças de plantas, reduzindo os efeitos dos impactos provocados pelo controle químico. Quando usados em combinação com agrotóxicos em estratégias de manejo integrado, reduzem ainda os resíduos pós-colheita e a quantidade final de fungicidas aplicados, mantendo os níveis de supressão dos patógenos semelhante ao esperado com o tratamento químico (LIMA et al., 2011). Grande parte das aplicações de agentes de controle biológico tem sido realizada com diferentes isolados do fungo *Trichoderma* (BENÍTEZ, et al., 2004). As espécies de *Trichoderma* geralmente são encontradas como componentes da microbiota da grande maioria dos tipos de solos, especialmente os orgânicos, incluindo a camada de húmus das florestas, solos agrícolas no campo e em pomares, podendo viver saprofiticamente ou parasitando outros fungos (DRUZHININA et al., 2011).

O sucesso de *Trichoderma* no controle biológico está associado à sua alta capacidade

reprodutiva, habilidade de se desenvolver em condições desfavoráveis, eficiência na utilização de nutrientes, capacidade de modificação da rizosfera, alta agressividade contra fungos fitopatogênicos e eficiência na promoção de crescimento e indução de mecanismos de defesa nas plantas (HOWELL, 2003; BENÍTEZ et al., 2004). Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo caracterizar diferentes isolados de *Trichoderma* spp. de acordo com os metabólitos produzidos pelos mesmos e verificar a capacidade antagonica destes contra patógenos do feijoeiro.

Materiais e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Micologia Ambiental do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Foram testados 25 isolados de *Trichoderma* spp. nos experimentos realizados. Os isolados pertencem a três diferentes espécies, identificados como ICB01, ICB02, ICB03, ICB04, ICB06, ICB07, ICB08, ICB09, ICB10, ICB11, ICB12, ICB13, ICB14, ICB15, ICB16, ICB17, ICB18, ICB19, ICB20, ICB21, ICB22, ICB23, ICB 24 (*Trichoderma asperellum*), ICB05 (*Trichoderma harzianum*) e ICB25 (*Trichoderma virens*) e pertencem à Micoteca da empresa ICB BIOAGRITEC LTDA., Porto Alegre, Brasil.

Para a avaliação da produção de enzimas hidrolíticas, os isolados de *Trichoderma* foram crescidos em meio de cultura Mandel e Reese (1960) modificado (peptona bacteriológica 0,1%; KH₂PO₄ 0,2%; (NH₄)₂SO₄ 0,14%; MgSO₄ 7H₂O 0,03%; uréia 0,03%; glicose 3%; CaCl₂ 6H₂O 0,03%; micélio seco de *Bipolaris sorokiniana* 0,5%; 100 µL de solução de elemento traço, pH 6,0) durante cinco dias, sob agitação orbital de 150 rpm em câmara de crescimento a 25±2°C. O micélio seco de um patógeno foi adicionado ao meio para estimular a produção de enzimas pelo antagonista. A análise da atividade quitinásica e glucanásica foi baseada no método de Miller (1959), medindo a liberação de açúcares redutores a partir da hidrólise de quitina coloidal e da laminarina, respectivamente, pelo uso de ácido dinitrosalicílico (DNS). A absorbância foi medida em espectrofotômetro em λ= 545 nm. Para determinação da atividade enzimática foi preparada uma curva de calibração com glicose nas concentrações de 0,0; 0,05; 0,1; 0,2; e 0,3 mg

mL⁻¹. Uma atividade enzimática (U) corresponde a liberação de 1 μmol de glicose (mL min)⁻¹. A determinação da atividade proteásica foi baseada no método de Sarath et al. (1989) utilizando azocaseína 2% como substrato. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro em λ= 440 nm. Uma atividade enzimática (U) corresponde a quantidade de enzima requerida para produzir uma absorbância de 1 unidade em 30 minutos a 25°C, em um λ= 440 nm.

Para a avaliação da produção de ácido indol acético, os isolados de *Trichoderma* spp. foram inicialmente cultivados em meio de cultura BDA e mantidos durante três dias em câmara de crescimento com temperatura de 25±2°C e fotoperíodo de 12 h de luz. A partir destas colônias foram retirados discos de 8,0 mm contendo micélio e esporos do fungo e, em seguida, foram repicados em frascos cônicos de 250 mL contendo 50 mL de meio BD suplementado com 500 μg mL⁻¹ de triptofano. Os frascos foram mantidos sob agitação de 150 rpm agitador climatizado com temperatura de 25±2°C, por cinco dias. Após esse período, o meio foi filtrado com auxílio de algodão hidrófilo branco em um funil. Do filtrado da cultura foi retirado uma alíquota de 1,5 mL das amostras e adicionado 1,5 mL de reagente de Salkowsky (150 mL H₂SO₄, 7,5 mL de FeCl₃.6H₂O, 250 mL de água destilada). A reação foi realizada durante 20 min no escuro e posteriormente as amostras foram avaliadas em espectrofotômetro em λ= 530 nm. Para a determinação da concentração de AIA na amostra, foi preparada uma curva de calibração preparada com ácido indol acético nas concentrações de 0, 1, 2, 4, 6, 10 e 16 μg mL⁻¹.

A produção de sideróforos pelos isolados de *Trichoderma* spp. foi detectada através da técnica universal para detecção de sideróforos proposta por Schwyn e Neilands (1987). Inicialmente, todos os materiais utilizados para o desenvolvimento dos ensaios foram lavados com HCl 6M e, após, imersos em água deionizada por um período de 8 h e novamente enxaguados em água deionizada. Os isolados foram cultivados em meio de cultura BD, e incubados sob agitação de 150 rpm e temperatura de 25±2°C durante cinco dias. A mudança de cor da mistura do sobrenadante de azul para amarelo-avermelhado em um período de 15 minutos indica a produção de sideróforos pelo antagonista.

A avaliação da produção de metabólitos voláteis foi realizada através da inoculação de um disco de 0,8 cm de diâmetro contendo micélio

dos isolados de *Trichoderma* spp. em meio de cultura BDA e no centro de outra placa, com o mesmo meio, foi inoculado um disco do mesmo tamanho contendo micélio de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* ou de *Sclerotinia sclerotiorum*. A placa contendo os fitopatógenos foi invertida sobre a placa contendo o antagonista e seladas com filme plástico. As placas foram mantidas em uma temperatura de 25±2°C em câmara de crescimento durante cinco dias. Após o período de incubação o diâmetro das colônias do patógeno foram medidas com o auxílio de um paquímetro. A testemunha consistiu da inoculação do fitopatógeno na ausência de *Trichoderma* spp.

Para verificar o potencial dos isolados de *Trichoderma* spp. atuarem no controle biológico de fitopatógenos do feijoeiro, utilizou-se a metodologia de cultura pareada proposta por Dennis e Webster (1971). Os diferentes isolados do antagonista e os fitopatógenos foram cultivados em meio de cultura BDA, durante cinco dias em câmara de crescimento com temperatura de 25±2°C. Um disco de micélio, de 0,8 cm de diâmetro de cada isolado de *Trichoderma* spp. e um disco de cada fitopatógeno foram inoculados em lados opostos da placas de Petri contendo meio de cultura BDA. As placas foram mantidas nas mesmas condições descritas acima até que ocorresse um ponto de contato entre as duas colônias. Nesse momento, a colônia do fitopatógeno foi medida com o auxílio de um paquímetro. A testemunha consistiu da inoculação do fitopatógeno na ausência do antagonista.

Todos os experimentos foram realizados em triplicata e os valores foram expressos como a média entre elas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5% e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Os softwares utilizados para todas as análises estatísticas foram o Statística 7.0 (Statsoft) e SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

Resultados e Discussão

As espécies de *Trichoderma* possuem um alto nível de diversidade genética e podem ser empregadas para a produção de uma ampla gama de produtos de interesse comercial e ecológico (SCHUSTER e SCHMOLL, 2010), além de serem prolíferas produtoras de proteínas extracelulares, enzimas degradadoras e

metabólitos com atividades antibióticas, e podem atuar como agentes de controle biológico de doenças e promover o crescimento e desenvolvimento das plantas (HARMAN et al., 2004). Essa diversidade torna importante o estudo de cada isolado de *Trichoderma* spp. para determinar a atividade de interesse à qual pode ser melhor aplicado.

A produção de enzimas hidrolíticas, como quitinases, glucanases e proteases, que são enzimas degradadoras da parede celular, está diretamente relacionada com a capacidade de um fungo atacar diretamente outro, em um processo chamado de micoparasitismo, que envolve uma sucessão de eventos, incluindo reconhecimento, ataque e subsequente penetração e morte do hospedeiro (HARMAN et al., 2004). Qualhato et al. (2013) estudaram o micoparasitismo em espécies de *Trichoderma* contra fungos fitopatogênicos e concluíram que *T. harzianum* e *T. asperellum* possuem alta eficiência no controle *S. sclerotiorum* e *F. solani*, demonstrando potencial para serem utilizados em controle biológico das doenças provocadas por tais patógenos.

Todos os isolados produziram enzimas hidrolíticas. A concentração de quitinase produzida variou entre 7,86 e 13,54 U (Tabela 1). As maiores produções da enzima foram obtidas pelos isolados ICB04 (13,54 U) e ICB21 (12,67 U), enquanto os isolados ICB16 (7,86 U), ICB23 (7,92 U), ICB 25 (8,16 U), ICB13 (8,34 U), ICB19 (8,57 U) e ICB12 (8,69 U) apresentaram as menores concentrações de quitinase no experimento ($p < 0,05$). A concentração máxima obtida nesse experimento foi cerca de duas vezes maior do que a concentração encontrada anteriormente, que obteve 6,2 U mL⁻¹ em *Trichoderma harzianum* após 96 h de cultivo. A maior produção pode ser explicada pela presença de micélio de um fitopatógeno no meio, o que induziria maior produção de enzimas. Segundo Rana et al. (2012), a enzima quitinase é produzida em níveis constitutivos pelos microrganismos. Gajera et al. (2012) concluíram que a atividade de quitinase é elevada durante o antagonismo, pois quando avaliado o seu potencial de inibição em *Aspergillus niger*, observaram uma elevação na atividade enzimática, variação entre 0,11 e 1,31 U mL⁻¹.

A concentração de glucanase variou entre 4,08 e 25,62 U (Tabela 1). A maior concentração foi obtida pelo isolado ICB19 (25,62 U), enquanto os isolados ICB14 (5,41 U), ICB06 (5,37 U), ICB18

(5,34 U), ICB12 (5,10 U), ICB13 (4,76 U), ICB16 (4,59 U), ICB20 (4,48 U), ICB24 (4,46 U) e ICB15 (4,08 U) apresentaram as menores concentrações de glucanase ($p < 0,05$). A maior concentração de glucanases entre os isolados de *Trichoderma* spp. testados foi superior à detectada para quitinases. Segundo De La Cruz et al. (1995), a produtividade de β -1,3-glucanases (BGN13.1) corresponde à maior atividade extracelular em *Trichoderma harzianum*. Monteiro (2008) encontrou valores elevados para a produção de glucanases em *Trichoderma*, com concentrações variando entre 27 e 45 U dependendo do fitopatógeno utilizado como indutor no meio.

A concentração de protease que foi produzida variou entre 0,77 e 3,41 U (Tabela 1). As maiores concentrações foram produzidas pelo isolado ICB06 (3,41 U), enquanto que as menores concentrações de protease ($p < 0,05$) foram observadas para os isolados ICB15 (0,99 U), ICB17 (0,98 U), ICB23 (0,98 U), ICB12 (0,95 U), ICB11 (0,95 U), ICB02 (0,91 U), ICB20 (0,87 U), ICB04 (0,85 U), ICB19 (0,83 U) e ICB16 (0,77 U). No trabalho desenvolvido por De Marco et al (2003), os valores para a produção de proteases por isolados de *Trichoderma* spp. foram próximos aos obtidos neste trabalho, com melhores resultados em torno de 1,41 U mL⁻¹ após 72 h de inoculação.

O ácido indol acético é uma auxina natural encontrada em plantas, que atua como regulador de crescimento, causando efeito positivo no desenvolvimento e morfologia das raízes, além de aumentar o acesso aos nutrientes do solo (ZHAO, 2012). Os tecidos das raízes são especialmente sensíveis a flutuações nas concentrações de AIA e o desenvolvimento do sistema radicular pode ser afetado por fontes exógenas desse regulador, incluindo os provenientes de fontes microbianas (DUCA et al., 2014).

Neste ensaio, todos os isolados de *Trichoderma* spp. produziram AIA, variando entre 11,35 e 52,42 μ g mL⁻¹. Os isolados ICB05 (*T. harzianum*) e ICB06 (*T. asperellum*) produziram as maiores concentrações de AIA em relação aos demais isolados ($p < 0,05$). Os demais isolados apresentaram concentrações semelhantes, não apresentando diferença significativa entre si ($p < 0,05$) (Figura 1). A capacidade de um microrganismo produzir AIA está associada com o seu potencial em estimular o crescimento vegetal (BENÍTEZ et al., 2004) e

diferentes estudos têm demonstrado a capacidade de *Trichoderma* produzir auxinas, como o AIA (GRAVEL et al., 2007; HERMOSA et al., 2012). Contreras-Cornejo et al. (2009) concluíram que a produção de auxinas por *Trichoderma virens* é capaz de estimular o crescimento e o desenvolvimento das raízes em *Arabidopsis* (*Arabidopsis thaliana*). Comparando a atividade de um isolado de *Trichoderma harizianum* mutante com um isolado selvagem da mesma espécie, foi possível observar que o isolado mutante, que produzia maiores concentrações de AIA não foi apenas mais estável na promoção de crescimento em pepino, mas também mais eficiente do que o isolado selvagem (ZHANG et al., 2013).

Além de ter um efeito estimulante no crescimento das plantas, o AIA exógeno na rizosfera também pode ter efeito prejudicial sobre o alongamento das raízes em diferentes concentrações, fato que vem sendo associado ao aumento no nível de etileno na planta (HERMOSA et al. 2012). O AIA pode aumentar a atividade da enzima ACC sintase que catalisa a conversão de S-adenosil metionina ao composto 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC), o precursor do etileno nas plantas (HERMOSA et al. 2012; ZÚÑIGA et al., 2013).

Outro mecanismo observado em *Trichoderma* spp. é a habilidade para competição por nutrientes limitados resultando na morte dos fitopatógenos por desnutrição. Em condições de baixa disponibilidade de Fe, muitos fungos são capazes de excretar um quelante de baixo peso molecular específico para o Fe (BENÍTEZ, et al., 2004). Os microrganismos da rizosfera também podem afetar fortemente a captação de Fe pelas plantas através da produção de sideróforos, que aumentam a mobilidade de Fe no solo, particularmente na rizosfera, e fornecem Fe solúvel para as plantas (BAR-NESS, et al., 1992). Segundo Delgado-Jarana et al. (2003), *Trichoderma* tem capacidade superior de mobilizar e captar nutrientes do solo comparado a outros microrganismos, o uso eficiente de nutrientes disponíveis é baseado na sua habilidade de obter ATP para seu metabolismo de diferentes açúcares, como aqueles derivados de polímeros amplamente disseminados no ambiente, como celulose, glucanos e quitinas entre outros, todos eles se transformando em glicose. Todos os isolados de *Trichoderma* spp. avaliados neste experimento demonstraram capacidade de produzir sideróforos em baixas

concentrações de ferro (Tabela 2). Lehner et al. (2013) sugerem uma alta diversidade na produção de sideróforos por *Trichoderma* spp., tendo a ferricrocina um importante papel no armazenamento intracelular do ferro.

Trichoderma spp. pode produzir mais de 40 diferentes metabólitos secundários que podem contribuir na sua ação antagonística. Um grande número de metabólitos voláteis secundários são produzidos por *Trichoderma* spp., como etileno, cianeto de hidrogênio, aldeídos e cetonas, e desempenham um importante papel no controle de fitopatógenos e metabólitos, como ácido harzianico, alameticina e tricolina, que dificultam o crescimento de microrganismos (PADMAJA et al., 2013). Os 25 isolados testados produziram metabólitos voláteis capazes de inibir o crescimento de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* e *Sclerotinia sclerotiorum* (Tabela 2). Os isolados ICB07, ICB11, ICB12, ICB16, ICB20 e ICB21 reduziram significativamente ($p < 0,05$) o crescimento de *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*, em relação à testemunha. O isolado ICB20 apresentou maior eficiência na inibição do crescimento, reduzindo aproximadamente 33 % o diâmetro da colônia do patógeno. Os demais isolados não apresentaram diferença estatística significativa em relação à testemunha ($p < 0,05$). Carvalho et al. (2011) avaliaram o efeito de metabólitos voláteis produzidos por *Trichoderma harzianum* na inibição de crescimento de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* *in vitro* e observaram que todos os isolados testados inibiram o crescimento do patógeno, reduzindo o diâmetro da colônia em aproximadamente 50% enquanto a redução da incidência do patógeno em sementes de feijão ficou entre 35 e 51% e proporcionando entre 73 e 81% de plântulas normais.

Quando avaliamos a ação dos metabólitos voláteis produzidos pelos isolados de *Trichoderma* na inibição de crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum*, os isolados ICB05, ICB06, ICB11, ICB12 e ICB25 reduziram significativamente ($p < 0,05$) o crescimento das colônias do patógeno em relação ao crescimento apresentado pela testemunha (Tabela 2). A maior eficiência foi observada para o isolado ICB06, que reduziu 90 % o diâmetro da colônia de *Sclerotinia sclerotiorum*. Lobo Junior e Abreu (2000) observaram a inibição de *Sclerotinia sclerotiorum* *in vitro* por metabólitos voláteis produzidos por *Trichoderma viride*, *T. aureoviride*, *T. koningii*, *T. pseudokoningii* e

Penicillium sp. Os mesmos autores ressaltam a importância de testar antagonistas em temperaturas próximas à temperatura ótima de desenvolvimento do patógeno, o que no caso de *S. sclerotiorum* está entre 15 e 20°C.

No teste de pareamento de culturas, 80% dos isolados testados reduziram significativamente ($p < 0,05$) o crescimento de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli in vitro* (Tabela 2). Para esses isolados, a redução variou entre 29 e 50% em relação ao diâmetro da colônia da testemunha. Apenas 24 % dos isolados reduziram significativamente ($p < 0,05$) o crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum in vitro* (Tabela 2), entretanto, a eficiência desses isolados foi superior à encontrada para *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*, uma vez que a redução provocada no crescimento do fitopatógeno variou entre 67,5 e 100% em relação à testemunha. O antagonismo de *Trichoderma stromaticum* foi observado em cultura pareada com *Phytophthora citrophthora*, reduzindo em 52,21% o crescimento do fitopatógeno, de acordo com Silva et al., 2008. Ethur et al. (2005) avaliaram a eficiência de *Trichoderma* spp. no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* no cultivo de pepineiro e observaram redução entre 94 e 100% no desenvolvimento do patógeno *in vitro*, e o controle do tombamento de mudas em estufa foi comprovado.

O potencial de espécies de *Trichoderma* atuarem com eficiência no biocontrole depende das condições físico-químicas do ambiente e não está fielmente associado a apenas um mecanismo, mas sim ao sinergismo que ocorre entre sua capacidade de produção de metabólitos voláteis e não voláteis tóxicos, competência rizosférica, competição por espaço e nutrientes, e produção de enzimas líticas, podendo acarretar não apenas a redução na incidência do patógeno, como provocar efeitos benéficos nas plantas, como promoção de crescimento (biofertilização) e estímulo dos mecanismos de defesa da planta (HOWELL, 2003; BENÍTEZ et al., 2004).

Conclusões

Todos os isolados produziram enzimas hidrolíticas, ácido indol acético e sideróforos.

Os isolados testados apresentam maior eficiência na produção de metabólitos voláteis contra *Sclerotinia sclerotiorum*.

O maior número de isolados foi capaz de inibir o crescimento de *Fusarium oxysporum* f.sp. Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 94-103, 2014.

phaseoli in vitro, entretanto, os isolados capazes de inibir o crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum* foram mais eficientes.

Referências

BAR-NESS, E.; HADAR, Y.; CHEN, Y. et al. Short-term effects of rhizosphere microorganisms on Fe uptake from microbial siderophores by maize and oat. **Plant Physiology**, v.100, p. 451-456, 1992.

BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMÓN, M. C. et al. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, v. 7, p. 249-260, 2004.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S. et al. SASM-Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos de Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n. 2, p.18-24, 2001.

CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JÚNIOR, M. et al. Controle de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli in vitro* e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1, p. 28-34, 2011.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C. et al. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 149, p. 1579-1592, 2009.

DE LA CRUZ, J.; PINTOR-TORO, J. A.; BENÍTEZ, T. et al. A novel endo beta-1,3-glucanase, BGN13.1, involved in the mycoparasitism of *Trichoderma harzianum*. **Journal of Bacteriology**, v. 177, n. 23, p. 6937-6945, 1995.

DE MARCO, J. L.; VALADARES-INGLIS, M. C.; FELIX, C. Production of hydrolytic enzymes by *Trichoderma* isolates with antagonistic activity against *Crinipellis pernicioso*, the causal agent of witches' broom of cocoa. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, p. 33-38, 2003. DELGADO-JARANA, J.; MORENO-MATEOS, M. A.; BENÍTEZ, T. Glucose uptake in

- Trichoderma harzianum*: role of *gtt1*. **Eukaryotic Cell**, v. 2, n. 4, p. 708-717, 2003.
- DENNIS C.; WEBSTER J. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*, III Hyphal interactions. **Transactions British Mycological Society**, v. 57, p. 363-369, 1971.
- DRUZHININA, I. S.; SEIDL-SEIBOTH, V.; HERRERA-ESTRELA, A. et al. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature Reviews**, v. 9, p. 749-759, 2011.
- DUCA, D.; LORV, J.; PATTERN, C. L. et al. Indole-3-acetic acid in plant-microbe interactions. **Antonie von Leeuwenhoek**, v. 106, n. 1, p. 85-125, Jul. 2014.
- ETHUR, L. Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M. et al. Fungos antagonistas a *Sclerotinia sclerotiorum* em pepineiro cultivado em estufa. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 127-133, 2005.
- GAJERA, H. P.; VAKHARIA, D. N. Production of litic enzymes by *Trichoderma* isolates during in vitro antagonism with *Aspergillus niger*, the causal agent of collar rot of peanut. **Brazilian Journal of Microbiology**, p. 43-52, 2012.
- GRAVEL, V.; ANTOUN, H.; TWEDDELL, R.J. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 1968-1977, 2007.
- HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A. et al. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews**, v. 2, p. 43-56, 2004.
- HERMOSA, R.; VITERBO, A. ; CHET, I. et al. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, n. 158, p. 17-25, 2012.
- HOWELL, C. R. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. **Plant Diseases**, v. 87, n.1, p. 4-10, 2003.
- LEHNER, S. M.; ATANASOVA, L.; NEUMANN, K. N. et al. Isotope-assisted screening for iron-containing metabolites reveals a high degree of diversity among known and unknown siderophores produced by *Trichoderma* spp. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 79, n. 1, p. 18-31, 2013.
- LIMA, G.; CASTORIA, R.; DE CURTIS, F. et al. Integrated control of blue mold using new fungicides and biocontrol yeasts lowers levels of fungicide residues and patulin contamination in apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, p.164-172, 2011.
- LOBO JÚNIOR, M.; ABREU, M. S. Inibição de crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* por metabólitos voláteis produzidos por alguns antagonistas em diferentes temperaturas e pH's. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 521-526, 2000.
- MANDEL, M.; REESE, E. T. Induction of cellulase in fungi by cellobiose. **Journal of Bacteriological**, Natick, v. 79, p. 816, 1960.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426 - 429, 1959.
- MONTEIRO, V. N. **Avaliação do perfil de proteínas secretadas pelo isolado de *Trichoderma harzianum* (ALL42) obtido de solo do Cerrado induzido por fitopatógenos**. Goiânia: UFG, 2008. 86 p. Tese (Doutorado em Biologia Biologia Celular e Molecular) – Programa de Pós-Graduação em Biologia. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás.
- MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Eds.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 7-15.
- PADMAJA, M.; NARENDRA, K.; SWATHI, J. et al. *In vitro* antagonism of native isolates from *Trichoderma* spp. against *Sclerotium rolfsii*. **International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences**, v. 4, n. 3, p. 886-891, 2013.
- Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 94-103, 2014.

PEREIRA, M. J. Z.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Reação de linhagens de feijoeiro ao fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* em condições controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 940-947, 2011.

QUALHATO, T. F.; LOPES, F. A. C.; STEINDORFF, A. S. et al. Mycoparasitism studies of *Trichoderma* species against three phytopathogenic fungi: evaluation of antagonism and hydrolitic enzyme production. **Biotechnology Letters**, v. 35, p.1461-1468, 2013.

RANA, I. A.; LOERZ, H.; SCHAEFFER, W. et al. Over expression of chitinase and chitosane genes from *Trichoderma harzianum* under constitutive and inducible promoters in order to increase disease resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Molecular Plant Breeding**, v. 3, n. 4, p. 37-44, 2012.

SARATH, G.; DE LA MOTTE, R.; WAGNER, F. W. Protease assay methods. In: BEYNON, R. J.; BOND, I. S. **Proteolytic assay: a practical approach**. Oxford: IRC Press, 1989.

SCHUSTER, A.; SCHMOLL, M. Biology and Biotechnology of *Trichoderma*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 87, p. 787-799, 2010.

SCHWYN, B.; NEILANDS, J. B. Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. **Analytical Biochemistry**, v. 160, n. 1, p. 47-56, 1987.

SILVA, K. S.; REBOUÇAS, T. N. H.; BOMFIM, M. P. et al. Atividade antagonica in vitro de isolados de *Trichoderma* spp. ao fungo *Phytophthora citrophthora*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, p. 749-754, 2008.

ZANG, F.; YUAN, J.; YANG, X.; CUI, Y.; CHEN, L.; RAN, W.; SHEN, Q. Putative *Trichoderma harzianum* mutante promotes cucumber growth by enhanced production of indole acetic acid and plant colonization. **Plant Soil**, v.368, p.433-444, 2013.

ZHAO, Y. Auxin biosynthesis: a simple two-step pathway converts tryptophan to indole-3-acetic-acid in plants. **Molecular Plant**, v. 5, n. 2, p. 334-338, 2012.

ZÚÑIGA, A.; POUPIN, M. J.; DONOSO, R. et al. Quorum sensing and índole-3-acetic acid degradation play a role in colonization and plant growth promotion of *Arabidopsis thaliana* by *Burkholderia phytofirmans* PsJN. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 26, n. 5, p. 546-553, 2013.

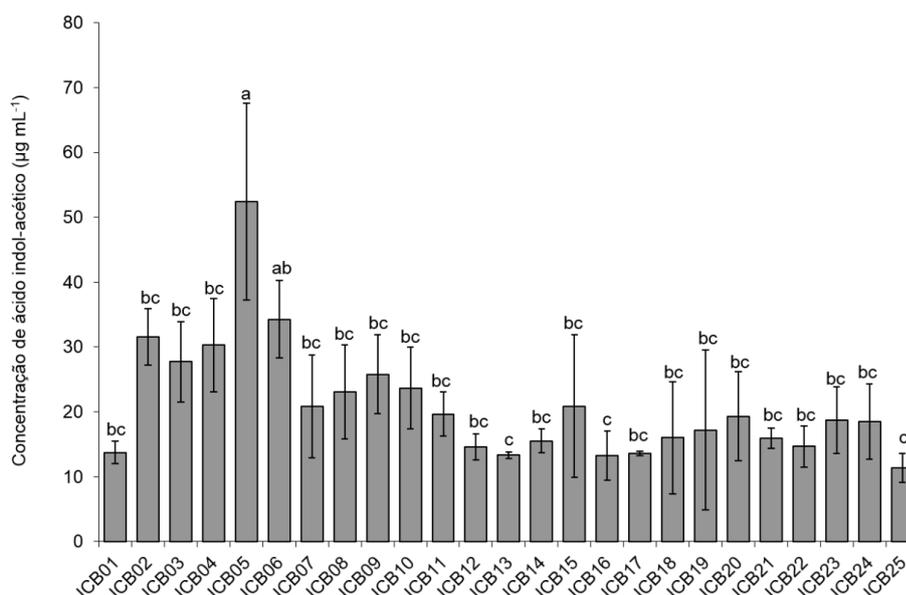


Figura 1 - Produção de ácido indol acético (AIA) por diferentes isolados de *Trichoderma* spp. Barras seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente de acordo com o teste de Tukey 5%.

Tabela 1 - Produção de enzimas hidrolíticas por diferentes isolados de *Trichoderma* spp. *in vitro*.

Isolados	Enzimas hidrolíticas ⁽¹⁾		
	Quitinase (U) ⁽²⁾	Glucanase (U) ⁽²⁾	Protease (U) ⁽³⁾
ICB01	9,58 ^e	7,06 ^{ef}	1,22 ^{fgh}
ICB02	10,93 ^{cd}	18,05 ^b	0,91 ^{ijk}
ICB03	11,51 ^c	6,80 ^{efg}	1,30 ^{fg}
ICB04	13,54 ^a	7,71 ^e	0,85 ^{jk}
ICB05	11,84 ^{bc}	12,93 ^{cd}	1,92 ^d
ICB06	10,51 ^{de}	5,37 ^{fghi}	3,41 ^a
ICB07	9,21 ^f	6,87 ^{ef}	1,30 ^{fg}
ICB08	11,57 ^c	14,48 ^c	2,50 ^b
ICB09	11,47 ^c	12,45 ^d	1,03 ^{hij}
ICB10	9,69 ^e	6,36 ^{efgh}	1,12 ^{ghi}
ICB11	9,61 ^e	13,05 ^{cd}	0,95 ^{ijk}
ICB12	8,69 ^g	5,10 ^{ghi}	0,95 ^{ijk}
ICB13	8,34 ^g	4,76 ^{hi}	1,67 ^e
ICB14	9,52 ^e	5,41 ^{fghi}	2,24 ^c
ICB15	9,94 ^e	4,08 ⁱ	0,99 ^{hijk}
ICB16	7,86 ^h	4,59 ⁱ	0,77 ^k
ICB17	9,88 ^e	6,64 ^{efg}	0,98 ^{ijk}
ICB18	9,69 ^e	5,34 ^{fghi}	1,01 ^{hij}
ICB19	8,57 ^g	25,62 ^a	0,83 ^{jk}
ICB20	9,08 ^f	4,48 ⁱ	0,87 ^{jk}
ICB21	12,67 ^{ab}	7,20 ^e	1,99 ^d
ICB22	9,80 ^e	6,96 ^{ef}	1,03 ^{hij}
ICB23	7,92 ^h	7,05 ^{ef}	0,98 ^{ijk}
ICB24	10,50 ^{de}	4,46 ⁱ	1,63 ^e
ICB25	8,16 ^h	12,98 ^{cd}	1,36 ^f
CV (%)	2,95	6,40	5,56

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente de acordo com o teste de Tukey 5%

⁽²⁾ Uma unidade enzimática corresponde a liberação de 1 μmol glicose. $(\text{mL} \cdot \text{min})^{-1}$

⁽³⁾ Uma unidade enzimática corresponde à quantidade de enzima requerida para produzir uma absorbância de 1 unidade. 30 min^{-1} em 25°C a $\lambda = 440 \text{ nm}$

Tabela 2 - Antagonismo e inibição de crescimento de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* (*F. oxysporum*) e *Sclerotinia sclerotiorum* (*S. sclerotiorum*) por *Trichoderma* spp. e sua capacidade de produção de sideróforos.

Isolados	Antagonismo		Inibição do crescimento por metabólitos voláteis		Produção sideróforos
	Média de crescimento da cultura do patógeno (cm)*				
	<i>F. oxysporum</i>	<i>S. sclerotiorum</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>S. sclerotiorum</i>	
ICB01	2,7 ^b	4,2 ^{abcdef}	3,7 ^{abc}	3,7 ^{abcd}	+
ICB02	1,9 ^b	1,9 ^{cdef}	4,0 ^{ab}	4,7 ^{abcd}	+
ICB03	2,7 ^b	6,1 ^{abcd}	3,4 ^{abc}	3,6 ^{abcd}	+
ICB04	2,6 ^b	0 ^f	3,5 ^{abc}	3,4 ^{abcd}	+
ICB05	2,7 ^b	3,4 ^{abcdef}	3,5 ^{abc}	2,2 ^{bcd}	+
ICB06	2,3 ^b	6,3 ^{abc}	3,5 ^{abc}	0,8 ^d	+
ICB07	2,0 ^b	3,9 ^{abcdef}	3,2 ^{bc}	4,8 ^{abcd}	+
ICB08	2,7a ^b	6,4 ^{abc}	3,4 ^{abc}	2,5 ^{abcd}	+
ICB09	2,8a ^b	7,2 ^{ab}	3,3 ^{abc}	3,4 ^{abcd}	+
ICB10	2,6 ^b	3,4 ^{abcdef}	3,4 ^{abc}	1,9 ^{cd}	+
ICB11	2,4 ^b	3,7 ^{abcdef}	3,2 ^{bc}	1,8 ^{cd}	+
ICB12	2,9 ^{ab}	8,0 ^a	3,2 ^{bc}	7,3 ^{ab}	+
ICB13	2,4 ^b	1,2 ^{def}	3,5 ^{abc}	5,0 ^{abcd}	+
ICB14	2,7 ^b	4,6 ^{abcdef}	3,9 ^{abc}	3,4 ^{abcd}	+
ICB15	2,3 ^b	4,7 ^{abcdef}	3,6 ^{abc}	5,9 ^{abcd}	+
ICB16	2,5 ^b	3,5 ^{abcdef}	3,2 ^{bc}	2,2 ^{abcd}	+
ICB17	2,5 ^b	5,9 ^{abcde}	3,5 ^{abc}	4,3 ^{abcd}	+
ICB18	2,4 ^b	1,0 ^{ef}	3,5 ^{abc}	3,3 ^{abcd}	+
ICB19	2,2 ^b	4,4 ^{abcdef}	3,7 ^{abc}	5,2 ^{abcd}	+
ICB20	2,6 ^b	6,3 ^{abc}	2,9 ^c	5,7 ^{abcd}	+
ICB21	2,8 ^{ab}	4,8 ^{abcdef}	3,2 ^{bc}	6,3 ^{abc}	+
ICB22	2,5 ^b	4,8 ^{abcdef}	3,7 ^{abc}	3,8 ^{abcd}	+
ICB23	2,8 ^{ab}	2,6 ^{bcdef}	3,5 ^{abc}	2,5 ^{abcd}	+
ICB24	2,6 ^b	3,3 ^{abcdef}	3,6 ^{abc}	3,4 ^{abcd}	+
ICB25	2,4 ^b	2,4 ^{bcdef}	3,4 ^{abc}	2,1 ^{bcd}	+
Testemunha	3,8 ^a	8,0 ^a	4,3 ^a	7,7 ^a	
CV (%)	12,96	37,30	9,19	44,25	

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente de acordo com o teste de Tukey 5%.

Avaliação pós-colheita de maçãs cv. Fuji revestidas com solução filmogênica de quitosana¹

Leticia M. Flores Castañeda ², Renar João Bender ³, Sandra Jussara Nunes Silva ⁴, Claudio Pereira ⁵

Resumo - As coberturas podem ser empregadas em frutas e vegetais *in natura*, pois modificam a atmosfera ao redor desses evitando alterações físicas e químicas. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de solução filmogênica à base de quitosana na conservação em diferentes tempos e temperaturas de maçãs cv. Fuji. Além de avaliações de incidência de podridões e alterações qualitativas, a deposição na superfície foi visualizada em eletromicrografias de varredura (MEV). As maçãs foram recobertas com solução nas concentrações de 1 e 2%. Logo após o tratamento, as maçãs foram armazenadas a 0°C e 20°C por 5, 10 e 15 dias acrescidos de mais três dias para simulação de comercialização. O uso da solução filmogênica em maçãs armazenadas a 0°C manteve a qualidade das maçãs, independente da concentração. A solução de quitosana, nas duas concentrações testadas, foram efetivas na redução da perda de massa fresca e da incidência de podridões. As maçãs recobertas com solução a 2 % apresentaram melhor aparência provendo mais brilho no fruto e mantendo o teor de ácido ascórbico, a acidez titulável, a cor vermelha e teores de sólidos solúveis. A aplicação de quitosana formou uma camada protetora homogênea nas maçãs o que foi constatada através das eletromicrografias.

Palavras-chave: Filme de cobertura. Ação antifúngica. Eletromicrografias.

Postharvest evaluation of apples cv. Fuji coated with chitosan solution from filmogenic

Abstract - The covers can be used on fruits and vegetables *in natura*, because modifying the atmosphere around those avoiding physical and chemical changes. Thus, the present study aimed to evaluate the effect of filmogenic solution based on chitosan conservation at different times and temperatures of apples cv. Fuji. In addition to assessments rot incidence and qualitative changes the deposition surface was visualized in electron micrographs (SEM). The apples were coated with the solution in concentrations of 1 and 2%. Shortly after treatment, the apples were stored 0°C or 20°C for 5, 10 or 15 days plus two days to simulate commercialization. The use of filmogenic solution in apples stored at 0 °C maintained quality of apples regardless of concentration. Concentrations were effective in reducing weight loss and decay incidence. Apples coated with 2% solution showed better appearance providing more brightness in the fruit and maintaining ascorbic acid, acidity, the red color and soluble solids. The chitosan formed a protective layer homogeneous apples which was confirmed through electron micrographs.

Key words: Apple Antifungal. Properties. Eletromicrographs.

¹Manuscrito recebido em 29/10/2014 e aceito para publicação em 15/12/2014.

²Eng^a.Agr^a. Dr^a. Pesquisadora Tecnano, artigo referente a resultados de tese. Rua Dr. Murtinho, 979, 303. Porto Alegre. 91429-070. leticiamarisol@gmail.com

³Prof. Dr. Faculdade de Agronomia – Departamento de horticultura e silvicultura. UFRGS.

⁴Química Ph.D. Pesquisadora Tecnano.

⁵Médico. MSc. Tecnano.

Introdução

As perdas pós-colheita na produção e comercialização de frutas e hortaliças variam de 25 % a 40 % dependendo do produto e da tecnologia aplicada. Segundo Assis *et al.* (2009), essa situação é consequência de uma série de fatores conjugados, como a ausência de uma política específica no setor, a falta de conhecimento dos manipuladores e, igualmente, a deficiência na aplicação de tecnologias adequadas para o transporte e conservação da qualidade do alimento.

De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), frutas e verduras continuam a metabolizar suas próprias reservas depois da colheita. Assim sendo, na pós-colheita, dificilmente há melhoria da qualidade de um produto colhido; no máximo, é possível manter sua qualidade por algum período de tempo. Devemos considerar que a perda de qualidade de produtos perecíveis é cumulativa e, a cada incidente durante o manuseio após a colheita, haverá uma redução da qualidade para o consumidor final.

A utilização de temperaturas de refrigeração é a principal forma de conservação disponível para ampliar a vida pós-colheita de produtos hortícolas. A diminuição das temperaturas dos tecidos para abaixo da temperatura ambiente, auxilia na conservação dos tecidos, favorecendo uma redução da taxa do metabolismo primário e da atividade metabólica como um todo, havendo um retardamento na entrada da senescência.

A redução de atividade metabólica em tecidos vegetais pode ser viabilizada, em parte, por técnicas adicionais ao uso apenas do frio. Neste sentido, foram desenvolvidas a armazenagem em atmosfera controlada e em atmosfera modificada. Os estudos de viabilidade de modificação de atmosfera conduziram ao desenvolvimento de metodologias como uso de embalagens de polímeros diversos ou recobrimento individual de produtos. Estes revestimentos possuem como apelo uma menor permanência no meio ambiente, sendo facilmente deteriorados pela ação de microorganismos. Esta característica contribui para redução da produção de resíduos sólidos assim como o uso de defensivos agrícolas o que vem ao encontro da preocupação mundial em relação aos resíduos destes agroquímicos.

Os revestimentos com filmes biodegradáveis têm sido aplicados sobre a superfície de produtos frescos para estender a vida de prateleira mantendo sua integridade física, reduzindo a migração de umidade e dos gases entre o fruto e

o ambiente pela redução da respiração, da transpiração e da desidratação provocada pela perda de água.

A quitosana, um polissacarídeo obtido pela desacetilação parcial da quitina, vem sendo amplamente estudada e atualmente é empregada na área de processamento de alimentos como o tratamento de superfície de sementes para inibição de fungos, clarificação de vinhos, coberturas comestíveis protetoras para frutos. Na área da saúde, as formulações de quitosana têm sido recomendadas para o controle do colesterol e na preparação de lentes de contato, devido às suas propriedades funcionais.

A quitosana apresenta uma atividade antimicrobiana e, também, a capacidade de formar filmes semi-permeáveis, usados em cobertura de produtos frescos que podem resultar na modificação da atmosfera interna deste produto que foi revestido.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do uso de solução filmogênica à base de quitosana na conservação de maçãs da cv. Fuji mantidas em diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. A deposição do filme de quitosana nas maçãs foi visualizada em eletromicrografias obtidas de microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Material e Métodos

Para conduzir os experimentos de cobertura com quitosana foram utilizadas maçãs da cultivar Fuji Standard, calibre 70, provenientes da safra 2011/2012. As maçãs foram obtidas de atacadista estabelecido na CEASA – Porto Alegre. No tempo de aplicação dos tratamentos os frutos estavam com cinco meses de armazenamento refrigerado a 0°C. As maçãs foram ainda selecionadas manualmente no laboratório de Pós – Colheita da Faculdade de Agronomia – UFRGS. Neste momento foram descartados os frutos que apresentavam injúrias, deformações, podridões e marcas de danos por insetos.

A quitosana foi preparada a partir da síntese da quitina por hidrólise alcalina de quitina com solução de NaOH 1 M 50% (p/v), segundo o método descrito por Yao *et al.* (1994) com modificações. Neste procedimento obteve-se uma desacetilação de 64% e para a solução filmogênica de quitosana a 1% (m/v) utilizou-se 1 g de quitosana em 5% (m/v) de ácido acético. Esta solução foi completada para 100 mL com água destilada em balão volumétrico e feita a diluição com água em proporções de volumes

iguais de quitosana e água (1:1). A solução filmogênica de quitosana a 2% (m/v) foi preparada do mesmo modo, mas com uma diluição de 1:3.

O revestimento das maçãs com os filmes de quitosana foi feito por imersão e as maçãs permaneceram submersas na solução por 1 minuto. Em seguida foram drenadas e secas à temperatura ambiente. Após este período as maçãs foram acondicionadas em bandejas plásticas mantidas em condições controladas de temperatura e umidade relativa.

Foram realizados dois ensaios independentes, sendo um onde as maçãs tratadas foram mantidas em condição de armazenamento refrigerado em temperatura 0°C e UR 80 ± 5%. No segundo ensaio, as maçãs foram mantidas em temperatura ambiente de 20°C em unidade de demanda bioquímica de oxigênio (BOD). Em ambos os ensaios as maçãs foram avaliadas na instalação do experimento e após 5, 10 ou 15 dias de armazenamento seguidos de mais três dias de simulação da comercialização.

As avaliações realizadas foram com de cobertura determinada através do aparelho medidor de cores da marca Konica/Minolta, modelo CR400. A firmeza de polpa, expressa em Newton (N), determinada com uso de penetrômetro digital de bancada, sendo feitas duas leituras da região equatorial.

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado por refratometria com um refratômetro de mesa (ABBE – 2WAJ), sendo a leitura corrigida para 20°C (AOAC, 2002). A acidez titulável foi determinada por titulometria de neutralização pela titulação de 6 gramas de polpa com NaOH 0,1 M até pH 8,1, obtida através de uma mixer. Os resultados são expressos em percentual de ácido málico (AOAC, 2002). A polpa foi obtida através da centrifugação dos frutos.

A perda de massa fresca, expressa em percentual em relação à massa fresca inicial, foi determinada a partir das diferenças de massas determinadas na instalação do experimento e ao final de cada período de armazenagem.

Além da determinação de variáveis qualitativas determinou-se também a ocorrência de podridões por análise visual e expressa em percentagem de maçãs em cada unidade experimental com sinais de agente causal de podridão em cada período de armazenagem.

A determinação de ácido L-ascórbico foi realizada no Laboratório de Cromatografia de

Alimentos (DCTA/UFPEL–Campus Universitário, Pelotas-RS).

Os teores de ácido L-ascórbico foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) em equipamento Shimadzu. Para identificação e quantificação de teores de vitamina C utilizou-se a curva padrão externa preparada com ácido L-ascórbico. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ (ou 100 mL⁻¹) de suco.

Na preparação das amostras para a microscopia eletrônica seguiu-se a metodologia descrita por Castro *et al.* (2002): amostras de casca foram fixadas em lâminas histológicas de vidro, na sequência, foram dispostas em placas de Petri de vidro e colocadas em dessecador e mantidas em temperatura ambiente por, no mínimo, de uma semana. Após, foram retirados fragmentos de 1,0 x 1,0 mm e fixadas em suportes (*stub*) de alumínio com fita adesiva preta dupla face; posteriormente, foram recobertos com uma camada de 15 nm de ouro em metalizador Balzer para visualização em microscópio eletrônico de varredura JEOLJSM-6060, sob 10 kV.

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema fatorial de 3 x 2 x 2 (3 períodos de armazenamento, 2 temperaturas de armazenagem e 2 concentrações de quitosana) e 15 maçãs como unidade experimental. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Diferenças Mínimas Significativas ($p \leq 0,05$) em programa SAS versão 8.0.

Resultados e Discussão

Comparando as maçãs dos tratamentos de coberturas com quitosana a 1 % e 2 % (m/v) com as maçãs do tratamento testemunha em ambas as temperaturas de armazenagem (0°C e 20°C) é possível observar que, nas maçãs armazenadas a 0°C, o valor de L* foi maior quando houve revestimento com solução filmogênica à base de quitosana na concentração de 1% (Tabela 1). Maçãs mantidas a 20°C o valor de L* mais elevado foi para as maçãs cobertas com solução a base de quitosana a 2% (m/v).

Segundo Assis *et al.* (2009), independente da espessura e da composição do filme protetor, a aplicação de filmes resulta em mudanças na coloração tanto na casca do fruto como na superfície cortada. Esta observação se deve provavelmente ao aumento de reflexão da luz

incidente o que pode ser comparado ao brilho das frutas, neste caso, proporcionado pelas soluções de quitosana. Jorge *et al.* (2011), trabalhando com maçãs cv. Royal Gala recobertas e não recobertas com quitosana, identificaram um aumento no valor de L^* nas maçãs tratadas, sendo isto também observado no presente trabalho. Hernandez-Muñoz *et al.* (2008), relatam diminuições no valor de L^* de amostras não cobertas e cobertas com quitosana e cálcio durante uma semana de armazenamento a 10°C.

As mudanças nas propriedades de reflexão de um feixe de luz incidente da superfície de um fruto com cobertura podem provocar essa diminuição na luminosidade.

Na avaliação da interação da temperatura *versus* cobertura com quitosana observa-se que o valor de a^* foi maior para as maçãs armazenadas a 0°C do tratamento testemunha e das maçãs recobertas com solução filmogênica à base de quitosana 2% (Tabela 1). No presente trabalho foi possível observar que, com o avanço do período de armazenamento das maçãs a 20°C ocorreu uma redução gradual na firmeza da polpa destas maçãs no tratamento de quitosana a 2% em comparação aos demais tratamentos (Figura 1).

A perda de firmeza de polpa é uma tendência natural dos tecidos com o avanço da maturação. Durante a maturação, ocorre a conversão das pectinas insolúveis em pectinas solúveis, resultando na perda de estrutura e diminuindo a resistência dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Cerqueira *et al.* (2011), observaram que, em goiabas, o tratamento com 6% de quitosana interferiu na perda normal de firmeza, provavelmente, devido à excessiva restrição às trocas gasosas entre os tecidos das goiabas e a atmosfera externa. Silva (2004) argumenta que o amadurecimento é marcado por modificações na textura associadas ao metabolismo de carboidratos da parede celular, que culminam com a redução da firmeza dos frutos.

Outra característica que influencia a firmeza do fruto é a força de coesão da parede celular, o contato célula-célula e o turgor celular.

Os sólidos solúveis são compostos solúveis em água e importantes na determinação da qualidade gustativa das frutas (KLUGE, 2002). Fazem parte deste conjunto de moléculas, os açúcares propriamente ditos como a glicose, a frutose e a sacarose. Esses açúcares estão presentes em maior concentração. Pode-se observar que houve pequena perda no teor de sólidos solúveis a partir

dos 10 dias nas maçãs do tratamento testemunha, mas seguindo sem alteração até o final do armazenamento (Tabela 2). Esse fato coincide com dados obtidos por Jorge *et al.*, (2011), onde os autores trabalharam com maçãs cv. Royal Gala revestidas com quitosana e mantidas em temperatura ambiente por 46 dias. Este resultado evidencia que o teor de sólidos solúveis na maior concentração de quitosana, se manteve mais alto ao longo do período de armazenamento do que nos demais tratamentos.

Nas maçãs revestidas com solução filmogênica à base de quitosana a 1% observou-se um aumento no teor de sólidos solúveis aos 10 dias, vindo a apresentar uma queda ao fim do armazenamento. Nos frutos revestidos com solução à base de quitosana a 2%, aos 10 dias, constatou-se uma queda no teor de sólidos solúveis, finalizando o período de armazenamento com um aumento neste teor (Tabela 2).

Segundo Gonçalves *et al.* (2000), em atmosfera refrigerada, peras da cv. Nijisseiki apresentaram maior concentração de sólidos solúveis totais devido à desidratação dos frutos, ocorrendo, conseqüentemente, maior concentração de açúcares e ácidos, o que pode, em parte, explicar o aumento no teor de sólidos solúveis nas maçãs do tratamento quitosana 2% aos 15 dias de armazenamento.

As maçãs do tratamento testemunha e as maçãs recobertas com solução filmogênica à base de quitosana 2%, nesse presente ensaio apresentaram redução gradual dos teores de acidez após 15 dias de armazenamento. Por outro lado as maçãs recobertas com solução filmogênica à base de quitosana 1% apresentaram um aumento no teor de acidez a partir dos 10 dias até o final do período de armazenamento. Este aumento da acidez, no período final de armazenamento (Tabela 2), pode ser consequência da redução da atividade respiratória, pois os ácidos são as substâncias mais prontamente disponíveis para obtenção de energia pela célula (BRACKMANN *et al.*, 2001).

A redução da acidez titulável é explicada pelo consumo dos ácidos orgânicos como substrato para o metabolismo respiratório (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Ferri *et al.* (2007) concluíram nesta mesma linha de raciocínio, uma vez que verificaram redução da acidez total titulável em maçãs cvs. Catarina e Fuji imersas em diferentes concentrações de solução de resveratrol e mantidas em temperatura ambiente durante 30 dias.

Vários autores também relatam uma redução da acidez total titulável de maçãs no período pós-colheita. Resultados com a cv. Royal Gala (CORRENT *et al.*, 2004), com a cv. Fuji (GOMÉZ, 2005) e com maçãs da cv. Gala (BRACKMANN *et al.*, 2009) quando as maçãs foram transferidas para a condição ambiente, após serem estocadas sob atmosfera controlada.

Neste experimento, foi possível observar que as maçãs do tratamento testemunha mantiveram os teores de ácido L-ascórbico até os 10 dias de armazenamento sofrendo uma queda ao fim do período de armazenamento. As maçãs revestidas com solução filmogênica à base de quitosana a 2% apresentaram comportamento semelhante ao encontrado por Atarassi *et al.* (2006) onde houve uma diminuição dos teores de ácido ascórbico em tangerinas cv. Ponkan revestidas com ceras e mantidas em temperatura ambiente durante 14 dias.

Nas maçãs revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1% observou-se um acréscimo nos teores de ácido L-ascórbico aos 10 dias para logo após apresentar uma queda (Tabela 2).

Dang *et al.* (2010) verificaram que o teor de ácido ascórbico em cerejas revestidas com quitosana foi maior do que em cerejas do tratamento controle. Segundo os autores, a redução da perda de ácido ascórbico em cerejas revestidas pode ser devido à permeabilidade do revestimento de quitosana que reduziu a atividade das enzimas e impediu a oxidação do ácido ascórbico. No presente trabalho é possível observar uma maior perda de massa fresca nas maçãs do tratamento testemunha.

As maçãs dos tratamentos com solução filmogênica à base de quitosana não apresentaram diferença significativa de perda de massa fresca, cujo recobrimento atenuou esta perda. Se compararmos as temperaturas de armazenamento utilizadas neste experimento, as maiores perdas ocorreram nas maçãs do tratamento testemunha, quando as maçãs foram armazenadas na temperatura de 20°C (Figura 2).

Isto evidencia, claramente, o efeito da temperatura de armazenamento na perda de massa. Nas maçãs que receberam revestimento não foi observado o efeito da temperatura, justificando mais uma vez a eficiência do uso da solução de quitosana na redução da perda de massa fresca, independente da temperatura de armazenamento utilizada. Isso demonstra, também, o efeito benéfico que ocorre na formação de uma película sobre a superfície das

maçãs evitando sua desidratação o que já foi observado por Zhu *et al.* (2008).

Segundo González-Aguilar *et al.* (2009), os revestimentos de quitosana formam uma barreira sobre a superfície do fruto que, em conjunto com a embalagem, diminui a perda de massa fresca das frutas. Ocorreu uma maior incidência de podridão nas maçãs armazenadas na temperatura mais alta. Com relação às maçãs tratadas, as frutas do tratamento testemunha na temperatura de 0°C apresentaram maior incidência de podridões em comparação as maçãs que receberam recobrimento (Figura 3).

Este resultado não se repetiu na temperatura de 20°C. Bautista-Baños *et al.* (2003), observaram que filmes de quitosana apresentam uma ação antifúngica e antibacteriana. Da mesma forma Camili *et al.* (2007), constataram que o uso de filmes de quitosana no revestimento de uvas cv. Itália suprimiu o crescimento do agente patogênico causador do mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) reduzindo a incidência de podridão. O interesse sobre ceras que revestem os frutos tem aumentado por constituírem-se em um mecanismo importante no processo de frigoconservação (CASTRO *et al.*, 2002).

Com o uso de microscopia eletrônica por varredura foi possível observar a presença de rachaduras ou fissuras na superfície das maçãs do tratamento testemunha (Figura 4A). Estas fissuras, que ocorrem na cutícula de maçãs do tratamento testemunha, são resultado de um desbalanço entre a produção de ceras e crescimento em tamanho dos frutos.

Esta situação, segundo Roy *et al.* (1994), pode resultar na formação de uma rede interconectada de canais na superfície dos frutos. Os mesmos autores, em estudos com maçãs, observaram que em frutos colhidos antes do pico climatérico as rachaduras se tornavam mais largas e profundas durante uma estocagem prolongada. Estudos em mais de uma espécie frutífera indicam que ocorre modificação nas rachaduras da cutícula em função das condições de armazenamento.

Montero (2010) constatou, em estudos de efeitos de tratamentos térmicos e da escovação nas superfícies de maçãs e de tangerinas, que as rachaduras apareceram mais e com maior clareza nas amostras de frutos armazenados em relação aos frutos recém colhidos.

As maçãs revestidas com solução filmogênica a base de quitosana tanto a 1% como a 2% armazenadas em câmara fria a 0°C apresentaram uma deposição da solução de forma mais homogênea e uniforme (Figura 4B e C). Estes

resultados foram também observados por Castañeda (2007) em laranjas cv. Navelina cobertas com cera à base de carnaúba e resinas vegetais e adicionadas de fungicida. A autora observou que as laranjas apresentaram boa qualidade visual até os 80 dias de armazenamento refrigerado em temperatura a 2 °C.

Conclusões

A aplicação pós-colheita de quitosana na forma de coberturas em maçãs cv. Fuji, preservou a qualidade visual das maçãs durante o armazenamento refrigerado. O emprego do revestimento de quitosana com solução filmogênica a 1 ou 2% foi efetivo na redução da perda de massa fresca e da incidência de podridões.

Quando utilizada na concentração de 2% a quitosana melhorou a aparência provendo mais brilho nas maçãs e manteve o teor de ácido ascórbico, a acidez titulável, a cor vermelha e o teor de sólidos solúveis. A aplicação de quitosana, em qualquer concentração, formou uma camada protetora homogênea nas maçãs o que foi constatada por eletromicrografias de varredura.

A temperatura de 0°C utilizada durante o período de armazenamento refrigerado das maçãs cv. Fuji preservou a firmeza da polpa, manteve mais alto o teor de acidez titulável e diminuiu a perda de massa fresca com manutenção da qualidade da fruta.

Referências

AOAC INTERNACIONAL. Official methods of analysis of AOAC Internacional Washington, 2002

ASSIS, O.B.G.; BRITTO, D.; FORATO, L.A. 2009. O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 23 p.

ATARASSI, M. E.; MOSCA, M.; FERREIRA, M. D. Efeito da aplicação de cera na qualidade da tangerina 'Ponkan'. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 6., 2006, Paraíba, PI. **Anais...** Paraíba: Universidade do Vale do Paraíba, 2006. p. 2884-2886.

Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 104-112, 2014.

BAUTISTA-BAÑOS, S.; GARCIA – DOMINGUEZ, E.; BARRERA – NECHA, L.L.; REYES – CHILPA, R.; WILSON, C.L. Seasonal evaluation of the postharvest fungicidal activity of powders and extracts of huamuchil (*Pithecellobium dulce*) action against *Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum* and *Rhizopus stolonifer* of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 29, p. 81-93, 2003.

BRACKMANN, A.; MELLO, A. M.; FREITAS, S. T.; VIZZOTTO, M.; STÉFFENS, C. A. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes temperaturas e pressões parciais de oxigênio e gás carbônico. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 532-536, 2001.

BRACKMANN, A.; WEBER, A.; SESTARI, I.; PETERLE, M. E.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P.; PINTO, J. A. V. Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 519-525, 2009.

CASTAÑEDA, L.M.F. Qualidade físico-química e sensorial em pós-colheita de morangos sob armazenamento refrigerado e de laranjas em atmosfera modificada. 2007. 90f. **Dissertação (Mestrado em Ciência Fruticultura de Clima temperado)**. Faculdade Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas (UFPEl), 2007.

CASTRO, L. A. S. de; SANHUEZA, R. M. V.; CANTILLANO, R. F. F.; ROCHA, N. E. M. Metodologia para observação da camada de cera em maçãs, utilizando microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3. p. 774-775, 2002.

CAMILI, E. C. *et al.*. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva 'Ítália' contra *Botrytis cinerea*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 215-221, 2007.

CERQUEIRA, T.S. *et al.*, Recobrimento com filmes protéicos e de quitosana. **Bragantia**. Campinas. V. 70, n 1, p. 216 – 221. 2011.

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: 2ª ed., Lavras: UFLA. 2005.
- CORRENT, A. R. *et al* Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs “Royal Gala” em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Revista brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 217-221, 2004.
- DANG, Q.F. et al. 2010. Chitosan acetate as an active coating material and its effects on the storing of *Prunus avium* L. **Journal of Food Science**, 75, 5125 – 5137.
- FERRI, V.C.; RISTOW, N.C.; SILVA, P.R.; PEGORADO, C.; FERRAREZE, J.P. Uso do composto fenólico natural de resveratrol para a manutenção da qualidade em pós-colheita de maçã “Catarina” e “Fuji” mantidas em temperaturas ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1.; 2007, Porto Alegre, RS. **Anais...**v.2, p. 698 – 702.
- GOMÉZ, A. C. S. Influência das condições de conservação sobre a qualidade póscolheita de diferentes cultivares de maçã. 2005. 79 f. **Dissertação (Mestrado em Qualidade de Alimentos)** - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- GONÇALVES, E. D.; ANTUNES, P. L.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêra ‘Nijisseiki’ em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 226-231, 2000.
- GONZALEZ-AGUIAR, G ET AL. Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya “Marado”. **Journal of Science Agriculture**, Sonora, v. 89, p. 15-23, 2003.
- HERNANDEZ-MUNÓZ, P.; ALMEMAR, E.; DEL-VALLE, V.; VELEZ, D.; GAVARA, R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria xananassa*) quality during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 110, p.428-435, 2008.
- JORGE, P.C.S.; NUCCI, M.; JANZANTTI, N.S.; RIZZO, J. S.; ASSIS, O. B. G.; MONTEIRO, M. Maçã “Royal Gala” revestida com quitosana estocada à temperatura ambiente. **B. CEPPA**. Curitiba, v. 29, n. 2, p. 253 – 264, jul./dez. 2011.
- KLUGE, R.A. Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. **Cap. 8: Tratamentos complementares ao armazenamento refrigerado**. Campinas: Emopi, 2002. 214 p.
- MONTERO, C.S. Alterações na cutícula de maçãs 'Fuji' e 'Gala' em função do tratamento térmico e da armazenagem refrigerada. *Acta Science Agronomy* vol. 32. n. 3 Maringá July/Sept. 2010.
- ROY, S.; CONWAY, W. S.; WATADA, A. E.; SAMS, C. E.; ERVE, E. F.; WERGIN, W. P. Heat treatment affects epicuticular wax structure and postharvest calcium uptake in 'Golden Delicious' apples. **Hortscience**, v. 29, n. 9, p. 1056-1058, 1994.
- SILVA, H. R. F. Relação entre a atividade da enzima poligalacturonase e o amadurecimento de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: **Reunião de pesquisa do frutimamão 2**. Campos dos Goytacazes: UNEF, 2004, p.331-338.
- YAO, K.; PENG, T.; FENG, B.H.; HE, Y.Y. Swelling kinetics and release characteristic of crosslinked chitosan: polyether polymer network (semi-IPN) hydrogels. **Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry**. Tianjin, China, v. 32, p. 1213 – 1233. 1994.
- ZHU, X. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) fruits. **Journal of Food Processing and preservation**, Westport, v. 32, n.5, p. 770 – 784. 2008.

Tabela 1 - Valores de L* e a* obtidos em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 de maçãs cv. Fuji armazenadas a 0°C a 20°C revestidas e não revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1% e 2%. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Temperatura de armazenamento			
	L*		a*	
	0°	20°	0°	20°
Testemunha	52,61Ab	45,54Bb	17,06Aa	17,10Aa
Solução 1%	58,16Aa	42,58Bb	8,31Bb	17,04Aa
Solução 2%	45,33Bc	55,70Aa	14,72Aa	12,93Aa

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05)

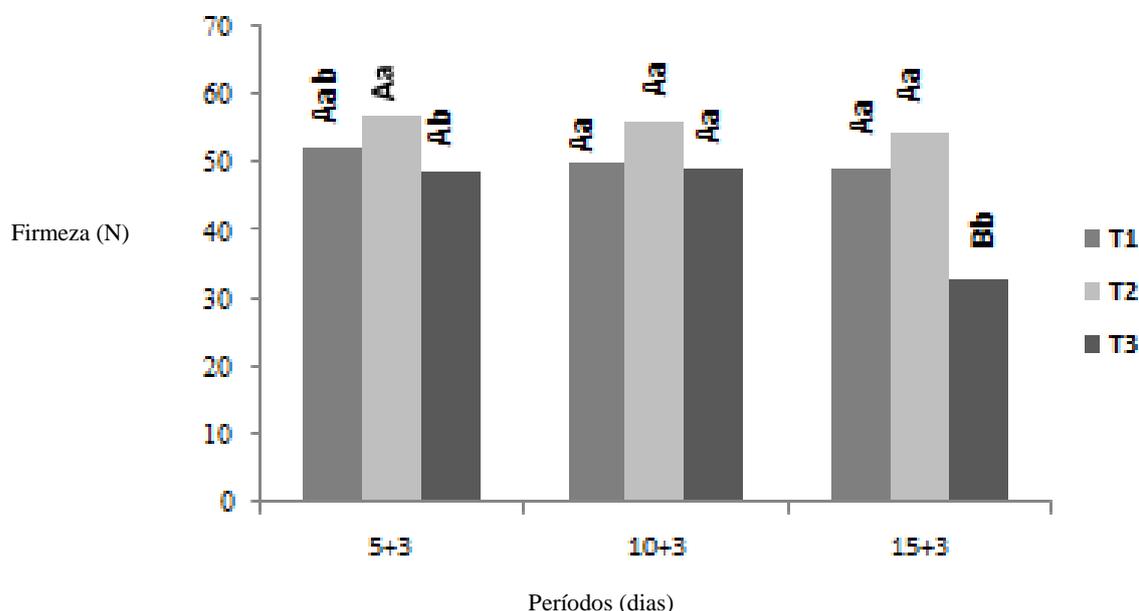


Figura 1 - Firmeza de polpa (N) de maçãs cv. Fuji onde, T1: testemunha; T2: frutos revestidos com solução quitosana 1% e T3: frutos revestidos com solução quitosana 2% e armazenadas por 5, 10 e 15 dias. Porto Alegre, 2012.

Tabela 2 - Acidez total titulável (% de ácido málico), sólidos solúveis totais (°Brix) e vitamina C (mg/100 gr massa fresca) de maçãs cv. Fuji, revestidas em solução filmogênica à base de quitosana 1% e 2% armazenadas por 5, 10 e 15 dias. Porto Alegre, 2012.

Tratamento	Período de armazenamento								
	ATT			SST			Ácido ascórbico		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Testemunha	0,15Ab	0,12Bb	0,11Bb	15,07Aa	14,28Bb	14,41Bb	0,05Ab	0,05Ab	0,03Ba
Solução 1%	0,19Aa	0,14Aa	0,20Aa	14,18Bb	14,92Aa	14,05Bb	0,02Cc	0,05Ab	0,04Ba
Solução 2%	0,19Aa	0,09Bc	0,09Bc	15,03Aa	14,24Bb	15,07Aa	0,06Aa	0,06Aa	0,04Ba

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de tukey (p≤0,05).

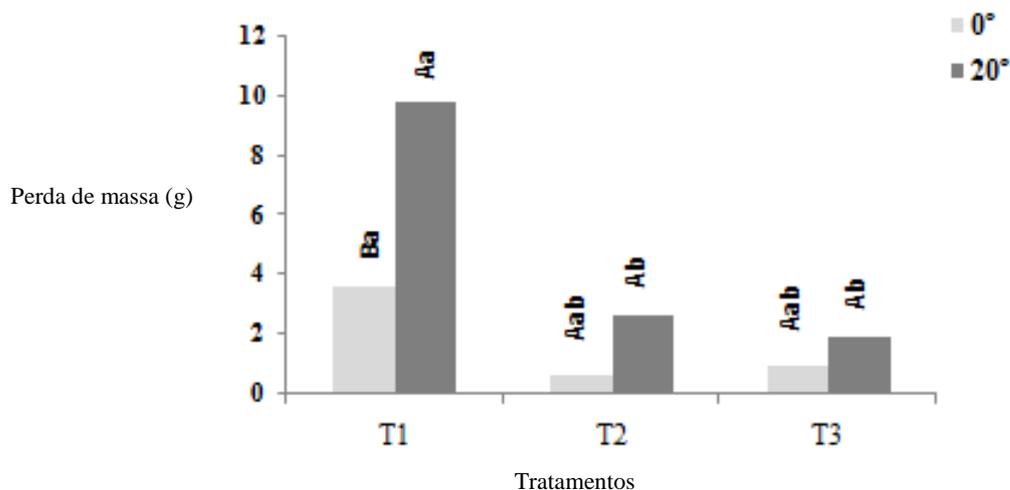


Figura 2 - Perda de massa (%) de maçãs cv. Fuji onde, T1: testemunha; T2: frutos revestidos com solução quitosana 1% e T3: frutos revestidos com solução quitosana 2% e armazenadas sob diferentes temperaturas. Porto Alegre, 2012.

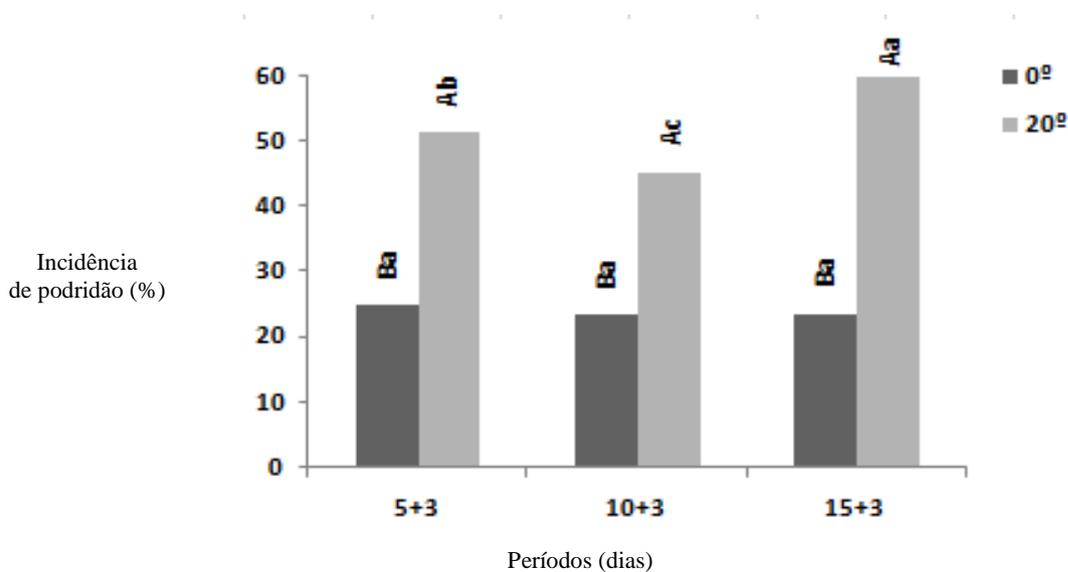


Figura 3 - Percentual de incidência de podridões (%) em maçãs cv. Fuji, armazenadas por 5, 10 e 15 dias. Porto Alegre, 2012.

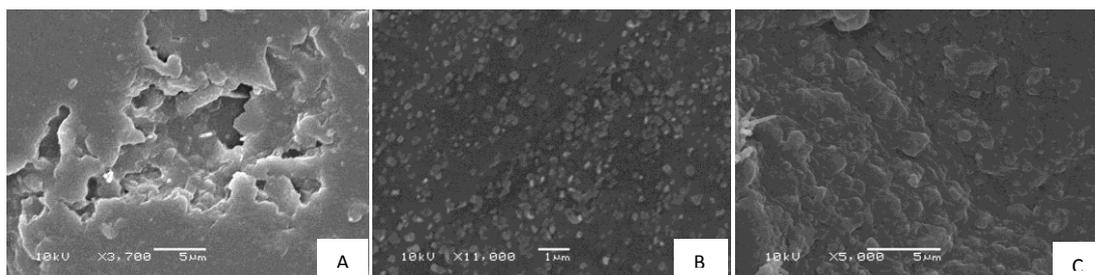


Figura 4 - Eletromicrografias de varredura da camada natural que recobre a superfície das Maçãs cv. Fuji, aos 15 dias, armazenadas a 0°C tratamento testemunha (A), solução 1% (B) e solução 2% (C). Porto Alegre, 2012.

Caracterização física de um Nitossolo Vermelho do Extremo Oeste Catarinense sob diferentes sistemas de uso¹

Claudia Klein², Marcio Luis Vieira³, Vilson Antonio Klein⁴.

Resumo - A qualidade físico-mecânica do solo é fundamental para a produção de alimentos e um manejo inadequado pode levar à perda de sustentabilidade e redução de produtividade. O objetivo foi quantificar as propriedades físico-mecânicas de um NITOSSOLO Vermelho em diferentes sistemas de uso. O ensaio foi conduzido na área experimental da Universidade do Oeste de Santa Catarina, em São José do Cedro (SC). O sistema plantio direto (SPD) foi implantado na área há dois anos e a área testemunha caracteriza-se por mata nativa da região. Avaliaram-se a textura do solo, densidade do solo, porosidade total e distribuição do diâmetro dos poros, densidade máxima do solo e a umidade ótima para compactação, densidade relativa do solo e a resistência à penetração. A resistência à penetração e a densidade do solo aumentaram com a adoção do plantio direto. A umidade ótima de compactação para um NITOSSOLO Vermelho na condição de mata é de 0,21 kg kg⁻¹ e no sistema de plantio direto 0,32 kg kg⁻¹ e a densidade máxima do solo de 1,20 g cm⁻³ na mata para 1,35 g cm⁻³ no SPD. A porosidade total no solo sob SPD diminui se comparado à mata, aumentando o volume de água indisponível às plantas.

Palavras-chave: Plantio direto. Densidade do solo.

Physical characterization of Rhodic Kandiodox from western Santa Catarina under different land uses

Abstract - The physical and mechanical soil quality is crucial for food production and inadequate management can lead to loss of sustainability and reduced productivity. The aim of this study was to determine the physical and mechanical properties of a Rhodic Kandiodox under different land use systems. The study was conducted in the experimental site of the Universidade do Oeste de Santa Catarina, in São José do Cedro, SC. The no-tillage system (NTS) was installed in the area two years before and the control area is characterized by native forest of the region. It was evaluated soil texture, bulk density, total porosity and pore size distribution, maximum soil density and the optimum water content, soil relative density and penetration resistance. The penetration resistance and the bulk density increased on no-tillage system. The optimum water content in a Rhodic Kandiodox is 0,21 kg kg⁻¹ for native forest and 0,32 kg kg⁻¹ for no-tillage system, and the maximum soil density is 1,20 g cm⁻³ for native forest and 1,35 g cm⁻³ for no-tillage system. The soil total porosity under NTS decrease compared to forest, increasing the volume of water available to plants.

Key words: No-tillage. Bulk density.

¹ Manuscrito recebido em 27/05/2013 e aceito para publicação em 20/10/2014. Pesquisa realizada com recursos Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica financiado pelo Art. 170 da Constituição Estadual de Santa Catarina.

² Engenheira Agrônoma formada pela Universidade do Oeste de Santa Catarina, Licenciada em Agronomia, Doutoranda em Agronomia na Universidade de Passo Fundo. E-mail: klein811@hotmail.com.

³ Engenheiro Agrônomo Dr. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Sertão. Rodovia RS 135, Km 25, Distrito Eng. Luiz Englert, CEP: 99170-000, Sertão, RS. E-mail: marcio.vieira@sertao.ifrs.edu.br.

⁴ Engenheiro Agrônomo Dr. Professor Universidade de Passo Fundo. BR 285, São José, Passo Fundo, RS, CEP: 99052-900. E-mail: vaklein@upf.br.

Introdução

A ação do homem no sistema solo-água-atmosfera-plantas para a produção alimentos tende a ocasionar alterações, muitas vezes positivas, como melhoria das condições de desenvolvimento e proteção das plantas, outras vezes negativas, como a degradação do solo e a poluição do ambiente e dos recursos hídricos (FERNANDES e FERNANDES, 2012).

Os diferentes usos e manejos do solo podem ocasionar a degradação das propriedades físicas de um solo, principalmente quando esse uso substitui uma área de mata (IORI et al., 2012).

As alterações que ocorrem na estrutura do solo evidenciam-se por modificações na densidade que afeta a porosidade total (SOUZA e ALVES, 2003), a distribuição do diâmetro dos poros e a porosidade de aeração, a armazenagem e disponibilidade de água as plantas, a dinâmica da água na superfície e no perfil do solo.

No Oeste Catarinense, praticamente não existem estudos que tenham por objetivo dimensionar os problemas que ocorrem em áreas agrícolas devido a alterações das características originais dos solos desta região. Portanto, é de suma importância trabalhos que possibilitem uma caracterização destes solos para que se possa futuramente, definir estratégias corretas de uso e manejo para estas áreas, e assim determinar o possível efeito destas práticas na estrutura do solo e por conseguinte para o desenvolvimento das plantas.

O objetivo deste estudo foi caracterizar as propriedades físico-mecânicas de um NITOSSOLO Vermelho de São José do Cedro, em Santa Catarina, submetido a diferentes sistemas de uso do solo.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na área experimental do curso de Agronomia da Universidade Oeste de Santa Catarina, no município de São José do Cedro, no ano de 2008. O solo da área experimental é classificado como NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO típico (SANTOS et al., 2013). Parte da área vem sendo conduzida sob sistema plantio direto contínuo por um período de dois anos e o restante permanece com cobertura natural de mata característica da região.

O delineamento experimental utilizado foi em faixas, com parcelas subdivididas e 5 repetições, sendo o sistema plantio direto (SPD) e o solo de

mata (SM) as parcelas principais, e as subparcelas constituídas das profundidades de coleta das amostras para as propriedades do solo. As profundidades foram de 2,5; 7,5; 12,5; 17,5 cm (principal camada explorada pelo sistema radicular das culturas anuais), considerando o plano horizontal que divide a amostra em duas partes iguais.

As amostras com estrutura preservada foram utilizadas para a determinação da densidade do solo e a resistência mecânica do solo à penetração. Juntamente retiraram-se amostras com estrutura não preservada para a determinação da densidade de sólidos (para fins de cálculo de porosidade do solo) e da granulometria.

Para fins de caracterização do solo, efetuou-se a análise granulométrica seguindo rotina baseada na metodologia de Embrapa (1997). A separação da fração areia foi feita por lavagem e tamisação em peneira com malha de 0,053 mm. Após secas em estufa efetuou-se a separação das frações areia, através de peneiramento em muito grossa (>1 mm), grossa (0,5 – 1,0 mm), média (0,25 – 0,5 mm), fina (0,105 – 0,25 mm) e muito fina (<0,105 mm). E a composição granulométrica do perfil do solo e o fracionamento da areia em ambos os manejos estão apresentadas na Tabela 1. A determinação da densidade dos sólidos (D_{ss}) e do solo (D_s), e a porosidade total foi realizada conforme a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

A classificação dos poros: macroporos, microporos e criptoporos foi feita aplicando tensões crescentes. Os macroporos (poros com diâmetro maior que 0,05 mm) foram determinados na tensão de 6 kPa (EMBRAPA, 1997), os criptoporos (água não disponível) a partir de 1500 kPa (KLEIN, 2014) e os microporos (poros com diâmetro entre 0,05 e 0,0002 mm – água disponível) foram obtidos pela diferença entre as tensões de 6 e 1500 kPa.

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi determinada em laboratório, utilizando um penetrômetro eletrônico modelo MA-933, marca Marconi. Os valores de RP foram ajustados a um modelo não-linear proposto por Busscher (1990).

Para a determinação da densidade máxima do solo (DMS) e umidade ótima de compactação foi utilizado o ensaio de Proctor, preconizado por Nogueira (2001). A densidade relativa (DR) foi determinada conforme Klein (2006), e consiste na relação entre a D_s e DMS, e é utilizada como

critério para determinar o grau de compactação do solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos comparados através do teste de Tukey com 5% probabilidade de erro, utilizando-se o software Assistat.

Resultados e Discussão

A densidade do solo (D_s) (Tabela 2) apresentou diferenças entre os manejos. A maior D_s ocorreu na profundidade de 17,5 cm para ambos os manejos.

Devido ao provável acúmulo de matéria orgânica na camada superficial (BONINI e ALVES, 2012) de ambos os manejos, estes não apresentaram indícios de compactação para a profundidade de 2,5 cm. Segundo Kiehl (1979), a densidade de sólidos da matéria orgânica varia de 0,6 a 1,0 g cm⁻³ onde a presença de matéria orgânica altera consideravelmente a densidade de sólidos do solo, em função do seu baixo valor. O solo no SPD apresentou um aumento de densidade gradativo conforme as profundidades. Estes resultados provavelmente refletem o histórico da área, devido ao uso de implementos sem o revolvimento do solo e ao tráfego de máquinas na superfície do solo. Deve-se observar que os resultados relacionados com os sistemas de manejo do solo (ZWIRTES et al., 2011) apresentam uma diversidade de resposta, por causa de características do solo, da planta e do clima (VIEIRA, 2006).

A densidade máxima do solo foi maior no SPD, confirmando o que Braida et al. (2006) afirmam, que o maior acúmulo de matéria orgânica no solo de mata reduz a densidade máxima do solo e aumenta a umidade crítica da máxima compactação, ressaltando que a magnitude é dependente da granulometria do solo, o que em parte explica este resultado (Tabela 3).

A densidade relativa (Tabela 4) apresentou diferenças nas profundidades de ambos os manejos. Comparando os usos do solo nas profundidades, o manejo mata apresentou um acréscimo de DR em profundidade: a DR foi maior na profundidade 17,5 cm para a mata, e no SPD o maior valor para DR foi encontrado na camada de 12,5 cm. Convém ressaltar que embora a DR seja considerada elevada para o solo de mata, o mesmo apresenta uma baixa densidade do solo, demonstrando assim uma pequena restrição ao desenvolvimento do sistema radicular. Marcolin (2009) classificou o grau de

impedimento ao crescimento das plantas conforme a DR do solo. Para valores abaixo de 0,80 o crescimento pode ser prejudicado pelo menor volume de água nos poros e excesso de porosidade aeração, o que foi constatado na camada de 2,5 cm na mata, onde a presença de serrapilheira contribui para tal resultado.

Valores de DR entre 0,80 e 0,90 não são considerados restritivos. Valores acima de 0,90 demonstram presença de camadas compactadas no solo, e DR acima de 0,95 podem ocasionar deformações significativas especialmente no desenvolvimento radicular.

A resistência à penetração (RP) permite identificar as condições onde poderá ocorrer impedimento ao crescimento radicular das plantas. A RP na condição de umidade do solo na capacidade de campo (Tabela 5), o SPD apresentou maior umidade. Em profundidade, a maior RP para o manejo mata foi encontrada na profundidade de 17,5 cm e a menor na profundidade 2,5 cm e para o SPD a maior RP foi obtida na profundidade de 7,5 cm e a menor 17,5 cm. Observa-se na mata um acréscimo da resistência conforme a profundidade, sendo esse fato explicado pela diminuição dos teores de matéria orgânica em profundidade no perfil do solo.

Observou-se diferença significativa entre os usos do solo, sendo semelhante apenas na profundidade de 17,5 cm. Verificaram-se também diferenças no comportamento da RP em profundidade na média dos manejos. As profundidades 2,5, 7,5 e 12,5 cm apresentaram a menor RP diferindo das demais, ressaltando não ser somente a densidade que afeta a RP, mas também a umidade do solo (BUSSCHER, 1990).

Na umidade no ponto de murcha permanente (Tabela 6), a RP para o manejo mata aumentou conforme a profundidade, e para o SPD o ponto de maior resistência foi encontrado na profundidade 2,5 cm.

A RP correspondente a umidade no ponto de murcha permanente foi a que apresentou a maior diferença de RP entre os sistemas de manejo de solo. O SPD apresentou RP maior que o SPD, demonstrando a influência do manejo de solo sob esta propriedade. Em nenhum momento os manejos mostraram resistência à penetração limitante ao crescimento radical das plantas, considerando que valores críticos podem variar de 1,5 MPa a 4,0 MPa (ROSOLEM et al., 1999), dependendo da cultura, porém, usualmente valores próximos a 2 MPa são aceitos como impeditivos ao crescimento radicular

(BLAINSKI et al., 2008).

O manejo SPD apresentou em várias profundidades macroporosidade inferior a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, que é o mínimo para o pleno desenvolvimento das plantas sem restrições (SALES et al. 2010), pois esses poros são responsáveis pela aeração e a drenagem da água no solo.

Um ponto positivo apresentado no estudo é de que o volume de microporos aumentou no SPD comparado à mata (Tabela 7), mostrando que o volume de água disponível às plantas tornou-se maior em função do manejo utilizado.

O volume de criptoporos (Tabela 7) apresentou diferença significativa entre os manejos, sendo que no SPD estes ocupam em torno de $0,276 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, demonstrando que 52,07% da água retida no solo está indisponível às plantas, enquanto que na mata os criptoporos ocupam em torno de $0,242 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, correspondendo a 41,02% da água retida no solo. Isso significa que em períodos de déficit hídrico, apesar de as plantas, por vezes, investirem em sistema radical em profundidade, a água disponível tende a ser menor pelo maior volume de criptoporos presentes.

Ressalta-se a variação dos valores de macroporosidade (CV = 37,01 %), indicando uma elevada variabilidade espacial, o que pode interferir no desenvolvimento do sistema radicular das plantas e no fluxo de água em profundidade, esta variabilidade existe pois a distribuição dos poros depende da constituição do solo, da geometria e continuidade, da agregação e da presença de poros biológicos (insetos, raízes).

Conclusões

As operações de manejo do solo em um NITOSSOLO Vermelho e a consequente implantação do PD têm efeitos sobre as condições físico-mecânicas do solo ao desenvolvimento das plantas.

A resistência mecânica à penetração do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente aumentou com a adoção do PD, embora ainda não seja limitante.

A umidade ótima de compactação para um NITOSSOLO Vermelho na condição de mata é de $0,21 \text{ kg kg}^{-1}$ e no PD $0,32 \text{ kg kg}^{-1}$ e a densidade máxima do solo de $1,20 \text{ g cm}^{-3}$ na mata e $1,35 \text{ g cm}^{-3}$ no sistema de plantio direto.

A porosidade total no solo sob PD diminuiu se comparado à mata, aumentando o volume de água indisponível às plantas.

Referências

BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J. et al. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983, 2008.

BONINI, C. S. B.; ALVEZ, M. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 329-336, 2012.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 605-614, 2006.

BUSSCHER, W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. **Transactions of the ASAE**, v. 33, p. 519-24, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERNANDES, A. A.; FERNANDES A. A. A degradação ambiental no município de Condado-PB: uma discussão necessária. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, Pombal, v. 2, n.1, p. 22-26, jan.-dez. 2012

IORI, P.; DIAS JÚNIOR, M. S.; SILVA, R. B. Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 185-195, 2012.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KLEIN, V. A. Densidade relativa: um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, p. 26-32, 2006.

_____. **Física do solo**. Passo Fundo: EDIUPF, 2014. 240 p.

- MARCOLIN, C. D. **Uso de funções de pedotransferência entre atributos físicos de solos sob plantio direto.** Passo Fundo: UPF, 2009. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, RS.
- NOGUEIRA, J. B. **Mecânica dos solos:** ensaios de laboratório. São Carlos: EESC/USP, 2001.
- ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M. et al. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 821-828, 1999.
- SALES, L. E. de O.; CARNEIRO, M. A. C.; SEVERIANO, E. da C. et al. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 667-674, 2010.
- SANTOS, H. G. dos; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2003.
- VIEIRA, M. L. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas do solo e rendimento de milho submetido a diferentes sistemas de manejo.** Passo Fundo: UPF, 2006. 115 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, RS.
- ZWIRTES, A. L.; SPOHR, R. B.; BARONIO, C. A. et al. Caracterização físico-hídrica de solos submetidos a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 3, p. 51-66, 2011.

Tabela 1 - Teores de argila, silte, areia total (AT), areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF) e areia muito fina (AMF) em função do uso e profundidade (Prof.).

Manejo	Prof. (cm)	Argila	Silte	Areia					
				AT	AMG	AG	AM	AF	AMF
----- kg.kg ⁻¹ -----									
Mata	2,5	30,59	18,26	51,16	7,32	18,14	41,09	24,82	8,62
	7,5	34,37	16,10	49,54	7,43	15,49	42,06	25,93	9,09
	12,5	34,40	16,13	47,47	7,36	15,98	40,59	26,66	9,41
	17,5	34,30	18,07	47,63	8,11	17,16	40,33	25,12	9,28
Média		33,41	17,14	48,95	7,55	16,69	41,01	25,63	9,10
SPD	2,5	32,39	22,16	45,46	15,32	19,23	26,63	24,93	13,89
	7,5	34,51	18,18	47,31	15,52	20,52	26,40	23,91	13,65
	12,5	36,56	20,22	47,47	16,71	18,72	26,46	24,45	13,66
	17,5	36,41	20,14	43,44	13,21	18,10	28,18	26,22	14,29
Média		34,96	20,17	45,92	15,19	19,14	26,91	24,87	13,87

Tabela 2 - Densidade do solo em função do uso e profundidade.

Profundidade	Mata	SPD	Média
-----cm-----	-----Mg m ⁻³ -----		
2,5	B 0,93 c	A 1,17 b	1,05 c
7,5	B 1,08 b	A 1,20 b	1,14 b
12,5	B 1,09 b	A 1,25 ab	1,17 b
17,5	B 1,20 a	A 1,33 a	1,26 a
Média	B 1,08	A 1,24	
CV	6,40%		

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Densidade máxima do solo (DMS) e umidade gravimétrica ótima (UG) em função do uso e profundidade.

Profundidade (cm)	Mata		SPD	
	DMS (Mg m ⁻³)	UG (kg kg ⁻¹)	DMS (Mg m ⁻³)	UG (kg kg ⁻¹)
0-5	1,21	0,19	1,33	0,33
5-20	1,19	0,23	1,38	0,31
Média	1,20	0,21	1,35	0,32

Tabela 4 - Densidade Relativa do solo em função do uso e profundidade.

Profundidade	Mata	SPD	Média
-----cm-----	-----Mg m ⁻³ -----		
2,5	B 0,77 c	A 0,87 b	0,82 c
7,5	A 0,90 b	B 0,86 b	0,88 b
12,5	A 0,91 b	A 0,90 b	0,88 b
17,5	A 1,00 a	B 0,85 a	0,98 a
Média	A 0,90	A 0,90	
CV	6,72%		

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 5 - Resistência à penetração do solo na umidade correspondente a capacidade de campo em função do manejo e profundidade.

Profundidade	Mata	SPD	Médias
-----cm-----	-----MPa-----		
2,5	B 0,38 c	A 0,84 ab	0,62 b
7,5	B 0,61 b	A 0,90 a	0,75 b
12,5	B 0,64 b	A 0,86 ab	0,75 b
17,5	A 0,96 a	A 0,77 b	0,86 a
Média	B 0,65	A 0,84	
CV	15,87 %		

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância.

Tabela 6 - Resistência à penetração do solo na umidade do solo correspondente ao ponto de murcha permanente em função do manejo e profundidade.

Profundidade	Mata	SPD	Médias
-----cm-----	-----MPa-----		
2,5	B 0,80 c	A 1,61 b	1,20 c
7,5	B 1,15 b	A 1,88 a	1,51 a
12,5	A 1,33 ab	A 1,36 c	1,34 bc
17,5	A 1,52 a	A 1,45 bc	1,48 ab
Média	B 1,10	A 1,57	
CV	16,03 %		

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de probabilidade de erro.

Tabela 7 - Porosidade total, macroporos, microporos e criptoporos do solo em função do manejo e profundidade.

Profundidade	Mata	SPD	Médias
-----cm-----	-----m ³ m ⁻³ -----		
Porosidade Total			
2,5	A 0,65 a	B 0,55 a	0,60 a
7,5	A 0,59 b	A 0,56 a	0,58 b
12,5	A 0,57 bc	B 0,51 b	0,54 c
17,5	A 0,54 c	B 0,48 b	0,51 d
Média	A 0,59	B 0,53	
CV	5,01 %		
Macroporos			
2,5	A 0,27 a	A 0,10 a	0,18 a
7,5	A 0,20 ab	A 0,12 ab	0,16 ab
12,5	A 0,19 b	A 0,06 bc	0,12 bc
17,5	A 0,18 b	A 0,02 c	0,10 c
Média	A 0,21	B 0,08	
CV	37,01 %		
Microporos			
2,5	B 0,15 a	A 0,21 a	0,18 a
7,5	B 0,14 a	A 0,18 b	0,16 b
12,5	A 0,15 a	A 0,13 c	0,14 c
17,5	B 0,10 b	A 0,17 b	0,13 c
Média	B 0,14	A 0,17	
CV	13,07 %		
Criptoporos			
2,5	B 0,224 c	A 0,237 b	0,231 c
7,5	B 0,249 ab	A 0,257 b	0,253 b
12,5	B 0,231 bc	A 0,316 a	0,273 a
17,5	B 0,262 a	A 0,296 a	0,279 a
Média	B 0,242	A 0,276	
CV	6,59 %		

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de probabilidade de erro.

Comparação de métodos de determinação de argila em diferentes solos brasileiros¹

Gabriel Octávio de Mello Cunha², Jaime Antonio de Almeida³, Bethina Bastos Barboza⁴,
Augusto Friederichs⁵, Cleber Rech², Daniel Alexandre Heberle², Marco André Grohskopf⁶

Resumo - A textura do solo refere-se à proporção relativa das diversas frações granulométricas do solo (< 2 mm de diâmetro), a qual é expressa pelas classes texturais convencionais, definidas por diferentes combinações de argila, silte e areia. O trabalho teve como objetivo comparar os teores de argila determinados pelos métodos da pesagem e do densímetro “simplificado” com o método da pipeta, tomado como padrão (testemunha). O estudo foi conduzido no Laboratório de Gênese e Mineralogia do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages, SC, sendo utilizadas amostras de dois horizontes (A e B) de doze perfis de solo de cinco estados brasileiros (Acre, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Sul e Santa Catarina). A dispersão das amostras dos solos foi realizada com hidróxido de sódio (NaOH) para a maioria dos solos, e com calgon, para os solos com elevados teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e que apresentaram problemas na dispersão com NaOH 1 mol L⁻¹. O método do densímetro tendeu a superestimar ligeiramente os teores de argila, principalmente nos horizontes subsuperficiais, enquanto que no da pipeta não houve diferença para a maioria dos solos, principalmente nos horizontes superficiais, quando ambos foram comparados ao método da pesagem.

Palavras-chave: Análise granulométrica. Textura do solo. Dispersantes químicos.

Comparing methods for determination of clay contents in different Brazilian soils

Abstract - Soil texture refers to the relative proportions of various particle sizes of soil (<2 mm diameter), which are expressed by conventional textural classes defined by different combinations of clay, silt and sand. The study was carried out at the Laboratory of Soils Genesis and Mineralogy of the Universidade do Estado de Santa Catarina, in Lages, SC using samples from two horizons (A and B) of twelve soil profiles from five Brazilian states (Acre, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Sul e Santa Catarina). The dispersion of the soil samples was done by sodium hydroxide (NaOH) for most soil and with calgon for soils with high levels of Ca^{2+} and Mg^{2+} . Those soils showed problems to disperse particles with NaOH 1 mol L⁻¹ solution. The results indicated that the hydrometer method tended to slightly overestimate the clay content, mainly in subsurface horizons, whereas for pipette method there

¹ Manuscrito recebido em 19/09/2014 e aceito para publicação em 29/10/2014. Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Executada com recursos da CAPES.

² Eng. Agr., Aluno de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Av. Luís de Camões, 2090, CEP: 88520-000. Lages, SC. E-mail: gabriel.cunha4@gmail.com.

³ Professor do Departamento de Solos e Recursos Naturais do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Av. Luís de Camões, 2090, CEP: 88520-000. Lages, SC. E-mail: a2jaa@cav.udesc.br.

⁴ Estudante de graduação em Engenharia Ambiental Centro de Ciências Agroveterinárias, UDESC. E-mail: bee.bz@hotmail.com.

⁵ Eng. Agr., Aluno de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Av. Luís de Camões, 2090, CEP: 88520-000, Lages, SC. E-mail: augustofriederichs@hotmail.com.

⁶ Eng. Agr., Aluno de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Estadual de São Paulo (UNESP). Rua Quirino de Andrade, 215, CEP: 01049-010, São Paulo, SP. E-mail: marcogrohskopf@gmail.com.

were no differences for most soils, more precisely in topsoils horizons, when they were compared with weighing method.

Key words: Particle size analysis. Soil texture. Chemical dispersants.

Introdução

A textura do solo representa a distribuição quantitativa das partículas minerais menores que 2 mm, as quais são geralmente divididas em três frações: areia, silte e argila. Vários sistemas de classificação têm definido diferentes limites para essas frações (GEE e BAUDER, 1986). Na escala sugerida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e adotada no Brasil, a fração areia tem diâmetro compreendido entre 2,0 e 0,05 mm, o silte entre 0,05 e 0,002 mm e a argila constitui a fração menor do que 0,002 mm.

O tamanho das partículas do solo interfere diretamente na sua capacidade de retenção de água e de nutrientes, na dinâmica da adesão e coesão entre as partículas (MINASNY et al., 2007), na condição de drenagem (CHAKRABORTY et al., 2006) e suscetibilidade à erosão (KJAERGAARD et al., 2004).

É indispensável que, independentemente do método de análise granulométrica utilizado, obtenha-se completa dispersão das amostras do solo e a manutenção da fase dispersa, necessitando-se para tal a neutralização de qualquer agente que interfira na dispersão, principalmente aqueles ligados à fração argila (EMBRAPA, 1997; VITORINO et al., 2007). As partículas do solo estão agregadas por substâncias cimentantes, tais como matéria orgânica (MO), óxidos de ferro e de alumínio e íons floculantes como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}) e hidrogênio (H^+) (DONAGEMA et al., 2003; TAVAREZ e MAGALHÃES, 2008).

O dispersante mais utilizado para a análise granulométrica de solos no Brasil tem sido o hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol L^{-1} (EMBRAPA, 1997). Porém, em solos tropicais e subtropicais brasileiros que apresentam pH mais elevado (> 6,0), podem ocorrer altos teores de cátions floculantes como cálcio e magnésio (VITORINO et al., 2003), e o predomínio de argilominerais 2:1 de carga permanente na fração argila, como as esmectitas (CUNHA, 2013). Nesse caso, o dispersante mais indicado é o hexametáfosfato de sódio (EMBRAPA, 1997), também conhecido como calgon. O dispersante químico a ser utilizado depende do tipo de solo,

não podendo ser estabelecido um único dispersante para ser utilizado na rotina dos laboratórios de física do solo do país (VIANA et al., 2010).

Os principais métodos de análise granulométrica para determinação do conteúdo de argila são os métodos da pipeta e do densímetro (GEE e BAUDER, 1986) e ambos se baseiam no tempo de sedimentação das partículas de diferentes dimensões em meio líquido (KLEIN, 2008; VITORINO et al., 2007), com base na Lei de Stokes (1851), usada para calcular a velocidade em que as partículas de diferentes tamanhos sedimentam em meios líquidos. Após a dispersão e a sedimentação das partículas maiores, a argila é determinada pelo método da pipeta ou através de densímetro (método hidrômetro), sendo o silte normalmente calculado por diferença (VITORINO et al., 2007).

Outra maneira de determinar as frações granulométricas das amostras de solo (além dos métodos do granulômetro ou do NIR), embora não utilizado em rotina por ser bastante demorado em relação aos anteriores, consiste em quantificar o total das três frações (areia, silte e argila), utilizando o tamisamento mecânico para a separação da areia total e métodos baseados na velocidade e no tempo de sedimentação das partículas para separação do silte total da argila, através de sucessivos sinfonamentos da fração argila, até sua completa separação do silte. Esse método é muito utilizado para o estudo da composição mineral da fração argila, principalmente por difratometria de raios-X, sendo detalhadamente descrito por Jackson (1965). Após separar o silte da argila, ambos podem ser quantificados por pesagem do conteúdo total das frações na amostra.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar de forma comparativa a eficiência de dois métodos, da pesagem e do densímetro “simplificado”, em relação ao método da pipeta para quantificação da fração argila em amostras de solo de diferentes regiões brasileiras, com diferentes propriedades químicas, mineralógicas e granulométricas, bem como estabelecer as possíveis causas das diferenças entre os métodos.

Material e Métodos

Seleção dos solos

O estudo foi conduzido no Laboratório de Gênese e Mineralogia do Solo do Departamento de Solos e Recursos Naturais da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages, SC, com amostras de horizontes A e B de cinco solos coletadas nos estados do Acre (perfis AC4, AC6, AC9 e AC11), Bahia (BA), Pernambuco (PE), Santa Catarina (Bom Retiro-SCBR, Rancho Queimado-SCRQ e São Joaquim perfil 8 – SC8SJ) e Rio Grande do Sul (Formigueiro-RS11 e Rosário do Sul-RSRS).

As amostras de solo foram coletadas em locais onde já haviam sido previamente descritos perfis de solo, cujos resultados foram publicados em trabalhos de pesquisa e dissertações, sendo sua classificação, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) e respectivas fontes de referência, indicadas na Tabela 1. Um resumo dos principais atributos físicos e químicos obtidos desses trabalhos originais encontram-se na Tabela 2.

As amostras de solo, provenientes dos mesmos locais e horizontes descritos nos trabalhos originais, foram secas em estufa a 60 °C por 24 horas, destorroadas, moídas e peneiradas, restando-se a fração com diâmetro inferior a 2 mm (TFSA – terra fina seca ao ar) para as análises (EMBRAPA, 1997).

Análises físicas

Para os três métodos de análises granulométricas estudadas (densímetro “simplificado”, pipeta e pesagem), a dispersão das amostras foi realizada conforme descrito por Day (1965) e Gee e Bauder (1986) e modificado por Camargo et al. (2009), com as seguintes adaptações: pesaram-se 50 gramas de TFSA, adicionando-se 75 mL de água destilada e 5 mL de NaOH 1 mol L⁻¹ ou calgon (hexametáfosfato de sódio 0,35 mol L⁻¹ + carbonato de sódio anidro 0,08 mol L⁻¹) e duas esferas (bolitas) de nylon, com cerca de 10 mm de diâmetro cada. Após agitação manual, para homogeneização do material, as amostras ficaram uma noite em repouso (16 horas). Em seguida, foram dispersas mecanicamente em um agitador horizontal a 120 rpm por 4 horas, e posteriormente o conteúdo total foi transferido para uma proveta de 1 L, após separação da fração areia total por peneiramento em malha de 0,053 mm.

O material retido na peneira (areia total) foi transferido para uma lata de alumínio e seco em

estufa (105 °C) por 24 horas, sendo posteriormente pesado. O restante da suspensão, contendo as frações silte e argila, foi recolhido em proveta de 1 L, completando-se o volume com água destilada. A suspensão foi homogeneizada por 30 segundos e então deixada em repouso pelo tempo necessário para permitir a sedimentação das várias frações, em conformidade com a temperatura da água, como descrito no método.

Em cada amostra (após dispersão química e física) a argila foi determinada pelos métodos da pipeta, conforme Gee e Bauder (1986), do densímetro “simplificado”, de acordo com Bouyoucos (1962) e pelo método das pesagens da areia (peneiramento), argila e silte totais após separação completa do silte na mistura silte + argila, de acordo com Jackson (1965).

No método da pipeta, após a homogeneização da suspensão, foi calculado um tempo de aproximadamente 4 horas para sedimentação do silte, dependendo da temperatura da água (GEE e BAUDER, 1986), numa altura de 5 cm da superfície da suspensão, segundo a Lei de Stokes (1851). Nessa profundidade, coletaram-se com pipeta 50 mL da suspensão contendo a fração argila que foi transferida para bécker de 100 mL, seca em estufa a 105 °C por 24 horas e determinada a massa seca das partículas.

Na análise granulométrica pelo método do densímetro “simplificado”, conforme Bouyoucos (1962), o tempo de sedimentação para leitura da fração argila com o densímetro foi de 2 horas, após homogeneização da suspensão. Utilizou-se o método do densímetro “simplificado”, ou seja, com leitura da densidade diretamente no volume total da proveta de 1 L, e não o completo, cuja leitura é feita após transferir o volume dos 250 mL da porção superior da proveta de 1 L para uma proveta de 250 mL. Anotou-se a temperatura da suspensão para ajuste das leituras do densímetro. Após a quantificação da argila pelos métodos da pipeta e do densímetro, a fração silte foi obtida por diferença em relação ao total de argila mais areia.

No método das pesagens, o volume total das mesmas amostras de suspensão do silte e argila, usada conforme os métodos da pipeta e do densímetro, foi transferido para recipientes plásticos de 1 L, de fundo largo e altura aproximada de 10 cm. Com base na Lei de Stokes (1851), calculou-se o tempo (5 horas) necessário para que toda a fração silte ultrapassasse uma altura (6 cm) fixada no balde, retirando-se, por sifonamento, todo volume

imediatamente acima da marca dos 6 cm, que foi transferida para outro recipiente. O restante da suspensão contida na porção inferior (6 cm) à altura fixada, contendo silte e ainda parte da argila, foi ressuspensa novamente e completado o volume para 1 L, com adição de NaOH ou calgon suficiente para que o pH se mantivesse em torno de 9,0. Novas retiradas (no total de oito) da fração argila foram realizadas até que, após decorrido o tempo necessário para sedimentação de todo o silte, não houvesse mais argila em suspensão. Após a última retirada da argila, a fração silte total contida no fundo do balde sofreu sete lavagens com água destilada, sendo seca em estufa a 105 °C por 24 h e depois pesada. Com base nos teores de areia e silte totais obtidos por pesagem, a argila total foi calculada por diferença.

Amostras separadas da fração TFSA foram pesadas antes e após secagem em estufa a 105 °C, para cálculo da umidade gravimétrica e posterior correção dos dados de TFSA para terra fina seca em estufa (TFSE). Não foi realizado nenhum pré-tratamento para a destruição da MO, de óxidos e/ou hidróxidos presentes nas amostras de solo, como sugerido por Embrapa (1997), Donagema et al. (2003), Vitorino et al. (2003), entre outros autores.

Para interpretação dos dados, foi utilizado o programa SAS 9.2. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, e as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett ao nível de significância de 1% ($p < 0,01$), nos horizontes A e B, separadamente. Quando necessário, o teste de regressão foi aplicado para correlacionar os teores de argila obtidos pelos métodos do densímetro “simplificado”, e da pipeta com os obtidos pela pesagem.

Resultados e Discussão

De acordo com os resultados o método de determinação da fração argila interferiu na exatidão dos valores quantificados. De modo geral, observou-se que, independentemente do horizonte e do dispersante utilizado, os teores de argila pelo método do densímetro “simplificado” foram maiores quando comparados com os obtidos pelos métodos da pesagem e da pipeta (testemunha). Exceções ocorreram para o horizonte superficial do Argissolo Vermelho Alítico plíntico (AC4), do Cambissolo Húmico Alítico típico (SCBR) e do Cambissolo Háplico Alítico típico (SC8SJ), os quais não apresentaram diferenças nos valores da fração argila em relação

Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 121-130, 2014.

à testemunha, e para os horizontes subsuperficiais do Argissolo Vermelho Alítico (AC6), do Vertissolo Háplico Órtico luvisólico (AC11) e do Vertissolo Háplico órtico típico (BA), cujos teores de argila foram mais baixos do que a testemunha (Tabela 3).

Segundo Gee e Bauder (1986) e Miller (1988), os maiores teores de argila obtidos pelo método do densímetro estão relacionados ao pouco tempo para sedimentação das partículas do silte (2 horas), que não é suficiente para sedimentá-las. No método do densímetro, o maior teor de argila pode estar relacionado à “simplificação” realizada. No método original, (densímetro “padrão”), após duas horas de sedimentação na proveta de 1000 mL, 250 mL da parte superior da suspensão são transferidos para uma proveta de 250 mL, para homogeneização e leitura da densidade. Nessa suspensão, a quantidade de silte deve ser mais baixa. Já no método “simplificado”, a leitura da densidade é realizada diretamente na proveta de 1000 mL (BOUYOUCUS, 1962). Com isso, o densímetro registra a densidade da suspensão pela presença de argila, mas também pelo silte fino, que interfere na região do bulbo do densímetro, podendo aumentar a densidade.

Na mesma tabela, observa-se que não há diferença na obtenção da argila pelo método da pipeta quando comparado com o método da pesagem, principalmente no horizonte A das amostras dos Argissolos Vermelho Alítico (AC6), Vermelho-Amarelo Alítico típico (PE), Vermelho-Amarelo latossólico (SCRQ) e do Vermelho-Amarelo Alítico plíntico (AC9), e dos Vertissolos: Háplico Órtico luvisólico (AC11), e Háplico Órtico típico (BA), mostrando que o método da pesagem (apesar da morosidade na obtenção dos resultados) foi eficiente na obtenção da fração argila nessas amostras de solo. Isso ocorreu, provavelmente por que os métodos têm princípios semelhantes de quantificação dos teores de argila, ambos obtidos a partir da pesagem das amostras. No primeiro método a argila é obtida pela pesagem de 50 mL da solução de argila coletada a 5 cm de profundidade e no segundo método a partir da pesagem da areia e silte totais (argila obtida subtraindo-se de 100 a soma das frações areia e silte totais). Ambas as determinações são feitas após a secagem do material em estufa a 105 °C por um período de 24 horas.

Por outro lado, nesse mesmo horizonte das amostras dos Cambissolos Húmico Alítico típico (SCBR), Háplico Alítico típico (SC8SJ), e do

Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico (RSRS) foram obtidos maiores teores de argila pelo método da pesagem em relação ao da pipeta, e no Luvissole Hipocrômico Órtico aluminoso (RS11) o método da pipeta foi maior que o da pesagem. Esse comportamento pode estar relacionado com a imprecisão na determinação do silte, uma vez que é muito difícil separar o silte da argila (pseudo-silte), pois mesmo que a fração argila seja dispersa várias vezes, sempre haverá contaminação por silte.

Nos horizontes subsuperficiais das amostras dos Argissolos Vermelho Alítico típico (AC4), Vermelho-Amarelo latossólico (SCRQ), e Vermelho-Amarelo Alítico plúvico (AC9), do Cambissolo Háplico Alítico típico (SC8SJ), do Luvissole Hipocrômico Órtico aluminoso (RS11), e do Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico (RSRS) os teores foram maiores no método da pipeta quando comparados com os da pesagem.

No caso do Argissolo Vermelho Alítico (AC6) e dos Vertissolos Háplico Órtico luvisólico (AC11) e Háplico Órtico típico (BA), em que os teores de argila pelos métodos do densímetro e da pipeta foram subestimados em relação ao da pesagem, pode ter ocorrido a floculação das argilas, devido à presença de íons floculantes Ca^{2+} , Mg^{2+} , matéria orgânica e óxidos e hidróxidos presentes nas amostras (DONAGEMA et al., 2003, MESQUITA, 1992) e com problemas na dispersão da argila. Esse comportamento, segundo Camargo et al. (2009) em uma comunicação pessoal com Lepsch e Grohmann, concluíram que o hidróxido de sódio sem pré-tratamento ácido não é adequado para dispersar solos com altos teores de bases trocáveis. Opta-se atualmente pela mistura de hidróxido de hexametáfosfato de sódio, que vem levando sempre a resultados mais consistentes. Quanto à desagregação, usa-se a metodologia preconizada por GROHMANN e RAIJ (1973), consistindo em agitação lenta por tempo prolongado.

Nas amostras dos Vertissolos Háplico Órtico luvisólico (AC11), Háplico Órtico típico (BA), e do Argissolo Vermelho Alítico (AC6), ambos no horizonte B, também dispersas com o NaOH 1 mol L⁻¹, os teores de argila obtidos pelos métodos do densímetro e da pipeta foram menores quando comparados com os obtidos pelo método da pesagem (Tabela 3). Isso ocorreu com maior discrepância no método da pipeta, pois esse método tem como possíveis limitações (além de ser considerada como padrão): a) dispersão inadequada (MIYAZAWA e BARBOZA, 2011;

DONAGEMA et al., 2003), b) tempo de agitação das amostras (MIYAZAWA e BARBOZA, 2011) c) tempo de sedimentação das frações silte e argila e profundidade de coleta da solução do solo (STOKES, 1851), d) o hidróxido de sódio não se mostrou adequado na dispersão das amostras, devido à presença de altos teores de cátions floculantes como o cálcio e magnésio (VIANA et al., 2010), e) erros na pesagem (MIYAZAWA e BARBOZA, 2011), podendo assim, aumentar os erros na determinação da argila por esse método. Vale ressaltar que, no método da pipeta a argila é quantificada, enquanto que no método do densímetro ela é estimada, a partir da densidade da suspensão. Em contrapartida, o método do densímetro simplificado, embora utilizado pela maioria dos laboratórios de prestação de serviços no Brasil, proporciona uma estimativa grosseira da argila, e que muitas vezes chega a valores próximos dos reais, pois o processo de dispersão do solo utilizado na prática nem sempre é eficiente, restando muito silte e argila floculados que acabam sendo quantificados como argila o que muitas vezes proporciona resultados próximos dos determinados pela pipeta (neste caso só argila).

Tendo em vista esses problemas e, principalmente, a dificuldade na dispersão das amostras supracitadas, testou-se o emprego do dispersante calgon (hexametáfosfato de sódio 0,35 mol L⁻¹ + carbonato de sódio anidro 0,08 mol L⁻¹) para as amostras, recomendado para solos com altos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} (EMBRAPA, 1997). Os resultados, indicados na Tabela 4, evidenciaram valores mais representativos, mas com o mesmo comportamento obtido pelo NaOH para a maioria dos solos, ou seja, o densímetro continuou apresentando maiores teores de argila quando comparado com os métodos da pipeta e da pesagem, exceto no Vertissolo Háplico Órtico luvisólico (AC11) em que não houve diferença em relação à pesagem. Mesmo com o uso do calgon os teores de argila pelo método da pipeta foram inferiores quando comparados aos da pesagem.

Para Miyazawa e Barboza (2011), a matéria orgânica do solo interfere na análise granulométrica em duas etapas: a primeira, subestimando os valores das partículas obtidas (argila, silte e areia) da TFSA, pois quando se pesa uma amostra de solo para análise, está incluído o peso da MO; e a segunda, quando se pesa a massa de argila da suspensão, está incluído

também o peso da matéria orgânica, adsorvida na argila, superestimando, conseqüentemente, os valores da argila.

Para os mesmos autores, quando se pesa uma amostra de solo para análise, está incluído o peso da MO e faz-se necessária a correção do peso da mesma. Por outro lado, quando se pesa a massa de argila da suspensão, está incluída a massa da MO adsorvida à argila, superestimando, os valores de argila.

Apesar de os métodos subestimarem ou superestimarem os teores de argila, a correlação do densímetro e da pesagem com o método da pipeta foi alta (exceto na comparação entre o primeiro método e a pipeta no horizonte B), considerando os teores de argila obtidos pela dispersão com NaOH na maioria das amostras dos horizontes A (Figura 1A) e B (Figura 1B), incluindo os teores de argila obtidos com o calgon nas amostras dos Vertissolos Háplico Órtico luvisólico (AC11) e Háplico Órtico típico (BA); e do Argissolo Vermelho Alítico (AC6) do horizonte B, o que indica que ambos os métodos podem ser empregados na rotina de determinações de argila em laboratórios, conforme relatado por Bouyoucus (1962) e Day (1965).

Conclusões

O método do densímetro superestimou os teores de argila, principalmente nos horizontes A e B da maioria dos solos avaliados, enquanto o método da pesagem subestimou os teores principalmente no horizonte B dos solos de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Já nos horizontes superficiais não houve diferença para algumas amostras, quando comparadas ao método da pipeta.

Apesar da não utilização do método da pesagem na determinação da textura do solo em laboratórios de rotina no Brasil, devido à sua morosidade e demora na obtenção dos resultados, os teores de argila obtidos por esse método, mostrou-se eficaz para algumas amostras dos horizontes superficiais de alguns solos testados no presente estudo, podendo haver uma subestimação e/ou superestimação quando comparado com o método da pipeta.

Para solos com altos teores de cálcio e magnésio e com problemas na dispersão das amostras de solo, o dispersante químico calgon foi eficaz para a dispersão da argila.

Ambos os métodos, da pipeta e do densímetro, apesar das limitações inerentes a Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 121-130, 2014.

cada um, estimaram adequadamente os teores de argila dos solos estudados, podendo ser empregados em análises de rotina. Em contrapartida, devido à morosidade e principalmente à demora (impraticável em laboratórios de rotina) na obtenção dos resultados, o método da pesagem não é adequado (apesar da alta correlação obtida entre esse método e o da pipeta), em vista da dificuldade na separação da argila e do silte.

Referências

ALMEIDA, J. A.; SANTOS, P. G.; SHIMIZU, S. H. et al. Guia de excursão pedológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., Florianópolis. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 56 p.

BOUYOUCUS, G. J. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. **Agronomy Journal**, v. 54, p. 464-465, 1962.

CAMARGO, O. A. et al. **Métodos de análise química, mineralogia e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: IAC, 2009. 77 p. (Boletim Técnico, 106).

CHAKRABORTY, D. et al. Prediction of hydraulic conductivity of soils from particle-size distribution. **Current Science**, Bangalore, v. 90, n. 11, p. 1526-1531, Jun. 2006.

CUNHA, G. O. M. **Mineralogia e formas de alumínio em solos ácidos brasileiros**. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013. 153 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. **Methods of soil analysis**. **American Society of Agronomy**, v. 1, p. 545-566, 1965.

DONAGEMA, G. et al. Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 765-772, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro

- Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- _____. _____. In: ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S. (Eds.) **Solos sedimentares em sistemas amazônicos**: potencialidades e demandas de pesquisas. Rio de Janeiro, 2010. 95 p. (Guia de Campo).
- _____. _____. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo: projeto solos alíticos. Recife, 2011. 63 p.
- _____. _____. **Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 222 p.
- _____. _____. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- GEE, G. W.; BAUDER J. W. Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measured parameters. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 43, n. 5, p. 1004-1007, Sept./Oct. 1986.
- GROHMANN, F.; RAIJ, B. van. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, 1973. **Anais...** p. 123-132.
- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. 2. ed. Madison: Department of Soil Science, University of Wisconsin, 1965. 991 p.
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALANTI, A. C.; SILVA, F. B. R. et al. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco Estado da Bahia. Recife: Embrapa/ SNLCS; SUDENE/DRN, 1979. 2 v.
- KJAERGAARD, et al. Water-dispersible colloids: effects of measurement method, clay content, initial soil matric potential and wetting rate. **Vadose Zone Journal**, v. 3, p. 403-412, 2004.
- KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.
- Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 121-130, 2014.
- MESQUITA, M. G. B. F. **Dispersão da fração argila e estabilidade de agregados em função da aplicação de calcário e gesso agrícola em Latossolos da Região dos Campos das Vertentes (MG), cultivados com *Andropogon e Estilosantes***. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1992. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1992.
- MILLER, W. P. et al. An historical perspective on the theory and practice of soil mechanical analysis. **Journal of Agronomic Education**, Madison, v. 17, n. 1, p. 24-28, 1988.
- MINASNY, B. et al. Relationships between field texture and particle-size distribution in Australia and their implications. **Australian Journal Soil Research**, Collingwood, v. 45, n. 6, p. 428-437, 2007.
- MIYAZAWA, M; BARBOSA, G. M. C. Efeitos da agitação mecânica da matéria orgânica na análise granulométrica do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 680-685, 2011.
- PAES SOBRINHO, J. B. **Mineralogia da fração argila de solos das serras do leste catarinense**. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2005. 100 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2005.
- SANTOS, G. S. Mineralogia, **Gênese e relações pedogeomórficas de solos desenvolvidos de litologias das formações piramboia, Sanga do Cabral e Guará na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul**. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2012. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.
- STOKES, G. G. On the effect of the internal friction of fluids on the motion of pendulums. **Transaction of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridge, v. 9, n. 2, p. 8-106, 1851.
- TAVAREZ FILHO, J.; MAGALHÃES, F. S. Dispersão de amostras de Latossolo Vermelho

Eutroférico influenciadas por pré-tratamento para oxidação da matéria orgânica e pelo tipo de agitação mecânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1429-1435, 2008.

TESKE, R. **Relações solo**: litologia numa sequência de solos desenvolvidos de rochas efusivas no Planalto Sul de Santa Catarina. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2010. 121 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2010.

VIANA, J. H. M. et al. Granulometria dos solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE

SOLOS: SISTEMAS AMAZÔNICOS, SOLOS SEDIMENTARES EM POTENCIALIDADE E DEMANDA DE PESQUISA, 9., Rio Branco. In: ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S. (Eds.). **Solos sedimentares em sistemas amazônicos**: potencialidades e demandas de pesquisas. Rio de Janeiro, 2010. p. 56-63.

VITORINO, A. C. T. et al. Mineralogia, química e estabilidade de agregados do tamanho de silte de solos da Região Sudeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 133-141, 2003.

_____. et al. Uso de energia ultra-sônica e turbidimetria na análise textural de pequenas amostras de solo. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v. 16, p. 43-48, 2007.

Tabela 1 - Classificação dos solos segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2006) dos solos estudados.

Solo	Fonte	Horizonte	Prof.		Classificação dos solos
			cm		
AC4	Embrapa (2010)	Ap	0-10		Argissolo Vermelho alítico plíntico
AC4	Embrapa (2010)	Bt ₂	34-64		Argissolo Vermelho alítico plíntico
AC6	Embrapa (2010)	Ap	0-6		Argissolo Vermelho alítico
AC6	Embrapa (2010)	Bt ₃	100-138		Argissolo Vermelho alítico
AC9	Embrapa (2010)	Ap	0-16		Argissolo Vermelho-Amarelo alítico plíntico
AC9	Embrapa (2010)	Bt ₂	60-102		Argissolo Vermelho-Amarelo alítico plíntico
AC11	Embrapa (2010)	Ap	0-20		Vertissolo Háplico órtico luvisólico
AC11	Embrapa (2010)	Bv	49-77		Vertissolo Háplico órtico luvisólico
BA	Jacomine et al. (1979)	A	0- 21		Vertissolo Háplico órtico típico
BA	Jacomine et al. (1979)	B	56- 116		Vertissolo Háplico órtico típico
PE	Embrapa (2011)	Ap	0-20		Argissolo Vermelho-Amarelo alítico típico
PE	Embrapa (2011)	Bt ₂	55-105		Argissolo Vermelho-Amarelo alítico típico
RS11	Embrapa (2000)	A ₂	20-40		Luvissolo Háplico Órtico
RS11	Embrapa (2000)	Bt _x +Bt _{gx1}	50-60		Luvissolo Háplico Órtico
RSRS	Santos (2012)	A ₂	15-30		Argissolo Bruno-Acizentado alítico típico
RSRS	Santos (2012)	Bt ₃	65-80		Argissolo Bruno-Acizentado alítico típico
SCBR	Almeida et al. (2013)	A	0-20		Cambissolo Húmico alítico típico
SCBR	Almeida et al. (2013)	B _i	60-90		Cambissolo Húmico alítico típico
SCCB	Almeida et al. (2003)	A ₁	0-14		Latossolo Bruno
SCCB	Almeida et al. (2003)	Bw ₃	215-275 ⁺		Latossolo Bruno
SC8SJ	Teske (2010)	A ₁	0-12		Cambissolo Háplico alítico típico
SC8SJ	Teske (2010)	B _i	54-78		Cambissolo Háplico alítico típico
SCRQ	Paes Sobrinho (2005)	A	0-20		Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico
SCRQ	Paes Sobrinho (2005)	B _i	100-120		Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico

*Acre Perfil 4 (AC4), AC6; Acre Perfil 6, AC11; Acre Perfil 11, BA; Bahia, PE; Pernambuco, RS11; Rio Grande do Sul Perfil 11, RSRS; Rio Grande do Sul – Rosário do Sul; SCBR; Santa Catarina – Bom Retiro, SC8SJ; Santa Catarina Perfil 8 – São Joaquim e SCRQ; Santa Catarina. – Rancho Queimado.

Tabela 2 - Características químicas dos solos estudados.

Solo	Horizonte	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	CTC pH 7	CO
		Água	KCl					
	1:1.....						
AC4	Ap	5,3	3,9	0,9	0,8	1,8	5,9	11,0
AC4	Bt ₂	5,1	3,8		0,3	0,3	11,7	3,7
AC6	Ap	5,1	3,7	1,7	2,1	4,2	12,2	18,5
AC6	Bt ₃	5,0	3,7	0,5	2,1	2,7	20,1	3,3
AC9	Ap	6,1	4,5	15,3	2,4	17,8	20,2	8,0
AC9	Bt ₂	5,5	3,6	1,6	7,8	9,6	24,7	2,5
AC11	Ap	5,4	4,2	19,0	5,1	24,3	29,7	18,8
AC11	Bv	4,7	3,6	15,1	5,4	20,8	42,9	5,8
BA	A	5,3	4,2	15,1	10,1	26,0	36,8	22,4
BA	B	5,3	3,6	13,0	10,2	24,8	45,6	4,6
PE	Ap	5,3	3,9	5,8	3,9	10,1	21,9	14,3
PE	Bt ₂	4,7	3,8	1,2	3,6	5,0	25,5	3,6
RS11	A ₂	4,5	3,8	5,2	1,8	7,2	12,4	11,3
RS11	Bt _x +Bt _{gx1}	5,3	3,7	8,0	5,3	13,7	26,1	8,6
RSRS	A ₂	5,27	4,10	1,62	1,67	3,49	5,02	6,4
RSRS	Bt ₃	5,60	3,54	12,57	8,03	21,06	29,21	5,7
SCBR	A	4,5	-		3,0		4,7	199,7
SCBR	B _i	4,5	-		1,1		2,5	126,5
SC8SJ	A ₁	4,5	3,7	0,7	0,6	3,7	23,4	33
SC8SJ	B _i	4,5	3,8	0,1	0,1	0,8	9,32	5,6
SCRQ	A	4,37	3,73	0,09	0,27	0,69	6,65	210
SCRQ	B _i	4,75	4,04	0,01	0,01	0,30	2,08	1,0

*Acre Perfil 4 (AC4), AC6; Acre Perfil 6, AC11; Acre Perfil 11, BA; Bahia, PE; Pernambuco, RS11; Rio Grande do Sul Perfil 11, RSRS; Rio Grande do Sul – Rosário do Sul; SCBR; Santa Catarina– Bom Retiro, SC8SJ; Santa Catarina Perfil 8 – São Joaquim e SCRQ; Santa Catarina. – Rancho Queimado. Obs: CO: Carbono orgânico.

Tabela 3 - Teores de argila obtidos pelos métodos densímetro, pesagem e pipeta (testemunha) com o uso do NaOH 1 mol L⁻¹ como dispersante químico. Média de três repetições.

Solo	Horizonte	Horizonte A			CV %
		Densímetro	Pipeta	Pesagem	
	g kg ⁻¹			
AC4	Ap	155 ^{ns}	140 ^{ns}	146	4,11
AC6	Ap	344**	263 ^{ns}	269	2,28
AC9	Ap	292**	235 ^{ns}	236	3,00
AC11	Ap	482**	365 ^{ns}	359	1,10
BA	A	462**	307 ^{ns}	316	6,20
PE	Ap	378**	334 ^{ns}	350	3,03
SCBR	A	188 ^{ns}	163**	194	3,94
SC8SJ	A	330 ^{ns}	247**	348	5,61
SCRQ	A	288**	241 ^{ns}	242	2,66
RS11	A ₂	207**	200**	190	0,96
RSRS	A ₂	102**	101**	124	1,15
Horizonte B					
AC4	Bt ₂	548**	492**	424	1,73
AC6	Bt ₃	214**	17**	472	1,86
AC9	Bt ₂	338**	297**	264	2,00
AC11	Bv	458**	47**	702	3,62
BA	B	520**	178**	660	13,0
PE	Bt ₂	234**	194**	204	1,25
SCBR	B _i	541 ^{ns}	517 ^{ns}	513	2,77
SC8SJ	B _i	560**	456**	404	1,24
SCRQ	Bt	492**	434**	353	2,41
RS11	Bt _x +Bt _{gx1}	375**	364**	334	1,08
RSRS	Bt ₃	483**	398**	365	2,00

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01), ns não significativo pelo teste de Dunnett.

Acre Perfil 4 (AC4), AC6; Acre Perfil 6, AC11; Acre Perfil 11, BA; Bahia, PE; Pernambuco, RS11; Rio Grande do Sul Perfil 11, RSRS; Rio Grande do Sul – Rosário do Sul; SCBR; Santa Catarina– Bom Retiro, SC8SJ; Santa Catarina Perfil 8 – São Joaquim e SCRQ; Santa Catarina. – Rancho Queimado.

Tabela 4 - Teores de argila obtidos pelos métodos densímetro, pipeta (testemunha) e pesagem com o uso do calgon (hexametáfosfato de sódio 0,35 mol L⁻¹ + carbonato de sódio anidro 0,08 mol L⁻¹) como dispersante químico. Média de três repetições.

Solo	Horizonte	Horizonte B			CV
		Densímetro	Pipeta	Pesagem	
	g kg ⁻¹			%
AC6	Bt ₃	585**	451**	521	1,33
AC11	Bv	629 ^{ns}	476**	595	4,91
BA	B	643**	462**	554	2,55

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0.01), ns não significativo pelo teste de Dunnett.
AC6; Acre Perfil 6, AC11; Acre Perfil 11, BA; Bahia.

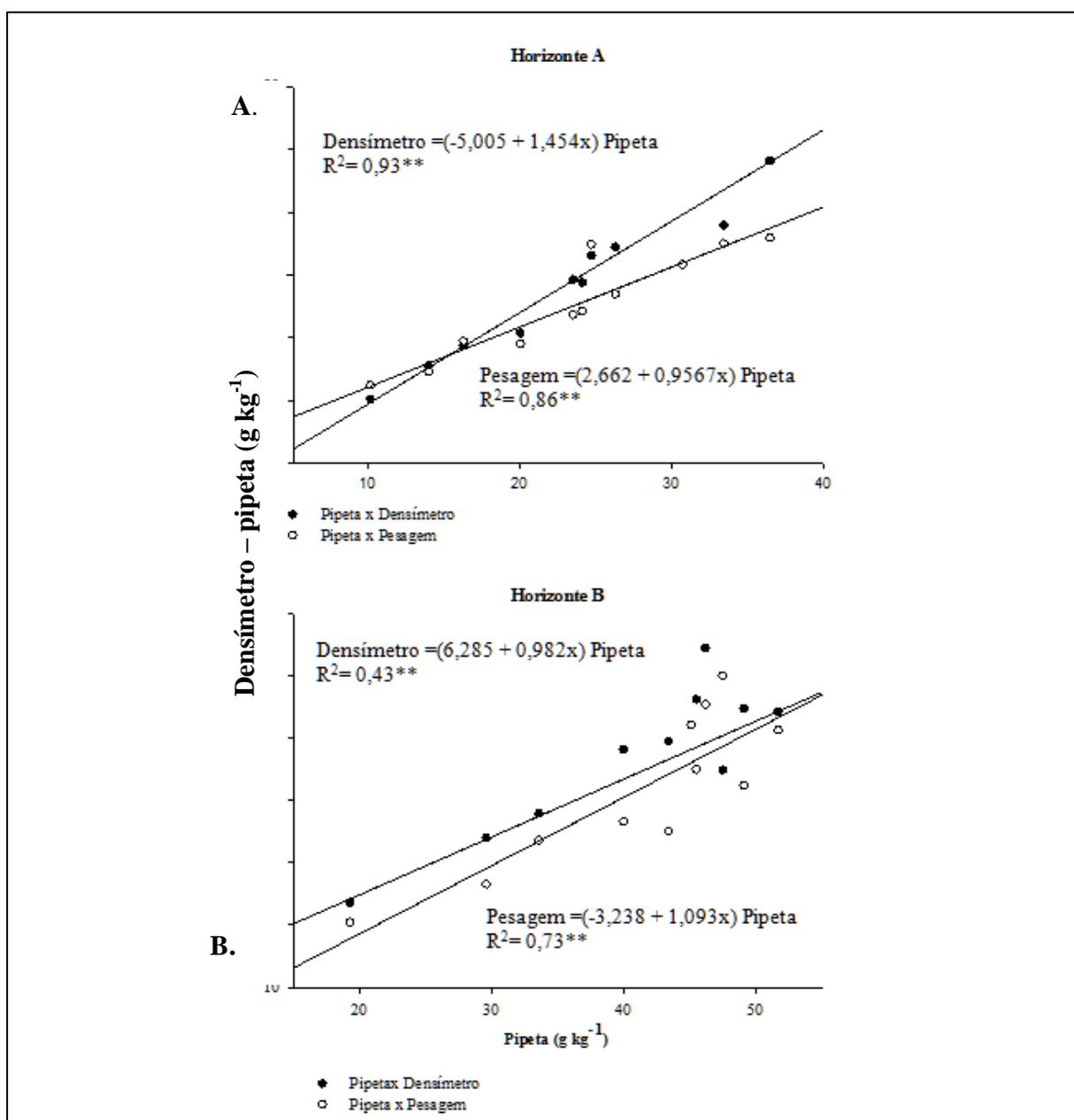


Figura 1 - Correlação entre os teores de argila obtidos pelos métodos do densímetro “simplificado”, pipeta e pesagem nos horizontes A (A); e B (B) dos solos estudados.

Aquecimento global e seus impactos no zoneamento climático da macieira de média exigência de frio na região Sul do Brasil¹

Cristina Pandolfo², Angelo Mendes Massignan³, Hugo José Braga⁴, Vinícius Sousa Fazio⁵

Resumo - A maçã é uma cultura que tem grande importância econômica e social no Sul do Brasil. Estudos que envolvam a geração de cenários meteorológicos futuros são de extrema importância para a produção futura da cultura. O objetivo deste estudo é determinar os impactos do aquecimento global no zoneamento climático da cultura da maçã de média exigência em frio, avaliando a expansão ou retração de áreas potenciais para o plantio, em função de cenários meteorológicos futuros (A2 e B2) para os Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O Modelo Climático HadRM3P foi usado como ferramenta para gerar os dados diários de precipitação, temperatura máxima, média e mínima do ar para os cenários atual e futuros (A2 e B2). Os critérios para definição das áreas potenciais de plantio da maçã foram: i. temperatura mínima anual do ar menor que 15°C; ii. temperatura média mensal menor que 22°C nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro; e iii. no mínimo 350 horas de frio acumuladas entre o período de abril a setembro. O aquecimento global pode, em longo prazo, reduzir as áreas potenciais de plantio das cultivares de maçã com exigência média em frio para as três Estados do Sul do Brasil.

Palavras-chave: PRECIS. *Malus domestica* Borkh. Cenários futuros.

Global warming and climatic zoning of apple cultivars with medium chilling requirement on time of bud break in the south of Brazil

Abstract - Apple is a crop of high economic and social importance in the south of Brazil and studies that quantify the impacts of global warming on the future production of this culture are very important. The aim of this study is to determine the impacts of global warming in climatic zoning of apple cultivars with medium chilling requirement on time of bud break, evaluating the expansion or contraction of potential areas for planting for the states of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul, in the south of Brazil. The HadRM3P Climate Model was used as a tool to generate the daily data of precipitation, maximum, average and minimum air temperature for the three scenarios in southern Brazil (current, A2 and B2). The criteria for defining climatic zoning were to: i. the minimum monthly air temperature was less than or equal to 15 °C; ii the average monthly air temperature was less than or equal to 22°C in the months of January, February, March, April, October, November and December; and iii. the chilling hours accumulated from April to September was between 350 and 700. The global warming could reduce, in the long term, the potential areas for production of apple cultivars with medium chilling requirement on time of bud break in the three southern states of Brazil.

Key words: PRECIS. *Malus domestica* Borkh. Future scenarios.

¹ Manuscrito recebido em 03/09/2014 e aceito para publicação em 20/11/2014.

² Eng. Agr., Dra., Epagri/CIRAM. Rodovia Admar Gonzaga, 1347 – Itacorubi –Florianópolis, SC. 88034-901 - E-mail: cristina@epagri.sc.gov.br

³ Eng. Agr., Dr., Epagri/CIRAM. Rodovia Admar Gonzaga, 1347 – Itacorubi –Florianópolis, SC. 88034-901 - E-mail: massigna@epagri.sc.gov.br

⁴ Eng. Agr., Dr., Epagri/CIRAM. Rodovia Admar Gonzaga, 1347 – Itacorubi –Florianópolis, SC. 88034-901 - E-mail: hjb@epagri.sc.gov.br

⁵ Analista de sistema, Me., Florianópolis (SC) – E-mail: contato@td.eti.br

Introdução

A produção de maçãs no Brasil nas últimas três décadas (período de 1977 a 2007) teve um impressionante aumento de mais de 6000%. De importador o país passou não apenas a abastecer todo o mercado interno, como também exportar o produto. Investimentos em pesquisa foram fundamentais para obtenção desse resultado (AGRONEGÓCIO, 2012).

Fruteiras de clima temperado, como as macieiras, são estimuladas pelo frio à queda das folhas no final do ciclo e à dormência hiberna. As temperaturas baixas e contínuas durante os meses de inverno são indispensáveis para que a planta reinicie um novo ciclo vegetativo com brotação e floração normais (EPAGRI, 2002).

Recentemente já se observam problemas de produção e qualidade nas últimas safras de maçã no Brasil, que podem ser atribuídos às mudanças climáticas (AGRONEGÓCIO, 2012). Esses problemas podem estar associados à diminuição das horas de frio ou das unidades de frio. Cruz et al. (2009) avaliaram a disponibilidade de horas de frio em Santa Catarina e concluíram que está havendo uma diminuição do frio com o passar dos anos. Em estudos realizados no município de Fraiburgo/SC foi observada que as unidades de frio acumuladas influenciam significativamente a variação dos rendimentos da cultura da macieira (LIMA et al., 2003).

Os estudos dos efeitos das mudanças climáticas realizados por Asghar et al. (2012), no Paquistão, com a cultura da maçã, concluíram um decréscimo da produção da fruta devido a variações sazonais, alongamento do período de verão, devido ao aumento das temperaturas e por distribuições irregulares na precipitação.

Os efeitos das mudanças climáticas sobre o gosto e os atributos de textura dos alimentos são ainda desconhecidos, apesar de muito interesse público. Com base nos 30-40 anos de registros, pesquisas evidenciaram que o sabor e a textura de maçãs mudaram como resultado do aquecimento global recente, tanto a concentração de ácido, firmeza dos frutos e o pingo de mel diminuíram, independentemente do ponto de maturação utilizado para a data de colheita, por exemplo, data do calendário, número de dias após o pleno florescimento, coloração da casca e da concentração de amido; enquanto que em alguns casos, a concentração de sólidos solúveis aumentou. Todas essas mudanças podem ser resultado de um florescimento precoce e temperaturas mais altas durante o período de

maturação (SUGIURA et al., 2013). Os mesmos autores sugerem que a qualidade das maçãs no mercado está passando por mudanças de longo prazo.

Pandolfo et al. (2007) estimaram o impacto na área potencial do plantio de maçã em Santa Catarina, utilizando um aumento linear de 2°C em todo o Estado sem alterações na precipitação total e concluíram que, quanto maior a exigência em frio da cultivar, maior é o impacto na redução da área apta para plantio, ressaltando que para os grupos de maçã com alta e média exigência em frio não haveria áreas aptas ao cultivo, sem o uso de produtos químicos para quebra de dormência.

Segundo Epagri (2002), as temperaturas entre 15 a 20°C durante a dormência podem reduzir a frutificação efetiva do pomar. Temperaturas nessa faixa de valores podem ser observadas nas médias de inverno na região produtora de maçã, nos cenários futuros de temperatura média. Temperaturas altas entre 2 a 3 semanas após a floração formam frutos achatados.

As temperaturas da primavera e verão ótimas para o desenvolvimento da macieira estão na faixa de 18 a 23°C durante a fase vegetativa (EPAGRI, 2002).

Para a simulação dos cenários agrícolas futuros, podem ser usados modelos meteorológicos a fim de projetar diversas variáveis de interesse agrícola. De acordo com Marengo e Camargo (2008), o modelo regional HadRM3P dispõe uma boa representação do clima atual para o Sul do Brasil. Entretanto, num estudo mais detalhado mostrou que o ciclo anual de chuva na região Sul do Brasil é levemente superestimado pelo modelo regional HadRM3P, especialmente na primavera e verão. Nos meses de inverno, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, há uma aproximação notável entre os dados observados e os dados simulados pelo modelo regional (CAMARGO et al., 2011). Os ciclos anual e sazonal dos dados observados e dos dados simulados das temperaturas do ar pelo modelo regional tiveram um bom ajuste (CAMARGO, 2010).

O objetivo foi identificar os impactos das mudanças climáticas no zoneamento climático para a cultura da maçã de média exigência em frio nos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Material e Métodos

O Modelo Climático HadRM3P foi usado como ferramenta para gerar os dados diários de

temperatura máxima, média e mínima do ar dos três cenários (atual, A2 e B2) na Região Sul do Brasil. De acordo com a metodologia empregada por Marengo et al. (2009), ao gerar cenários climáticos para o Brasil, este estudo utilizou a versão atual do modelo climático regional do Hadley Center (Met Office localizado em Exeter na Inglaterra), o HadRM3P, o qual é baseado na versão mais recente do HadCM3. Este modelo faz parte do Sistema Integrado de Modelagem Regional PRECIS (Providing Regional Climate for Impacts Studies) e possui uma resolução horizontal de 50 km com 19 níveis na vertical (da superfície até 30 km na estratosfera) e 4 níveis no solo. Os dados gerados pelo modelo foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Os cenários climáticos do IPCC (2007), definidos no Special Report on Emissions Scenarios (SRES), são baseados em projeções diferentes de emissões de gases de efeito estufa para o futuro, denominados de A1, A2, B1 e B2, os quais estão disponibilizados no IPCC-DDC da CRU - University of East Anglia. Neste estudo para a Região Sul do Brasil, foram avaliadas implicações climáticas decorrentes dos cenários SRES A2 e B2, para a temperatura do ar, projetadas regionalmente (2071-2100), sempre com referência à média climática de 1961-1990 gerada pelo modelo, as quais foram representadas por meio do uso do software ArcGIS 9.2, utilizando como interpolador o método IDW (Inverse Distance Weighted – Inverso da Distância Ponderada).

O Cenário A2 é o mais pessimista e prevê aumento de temperatura da terra entre 2°C e 5,4°C até o ano 2100 enquanto o Cenário B2, descreve um mundo em que a ênfase está nas soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, prevendo aumento

de temperatura da terra entre 1,4°C e 3,8°C até o ano 2100.

O programa ZonExpert 1.0 foi utilizado para elaborar os zoneamentos climáticos para os três cenários (Atual, A2 e A3). Por questões operacionais e demanda excessiva de processamento do Zonexpert em função dos critérios do zoneamento foi necessário reduzir o número de pontos da malha de 900m x 900m. Foi gerada uma sub-grade de pontos para os três Estados sendo que, cada faixa altimétrica (100 em 100 m) de cada município estava representado por um ponto georreferenciado. O critério utilizado foi localizar aleatoriamente um ponto a cada 100m de variação de altitude para cada município da Região Sul, resultando na sub-grade com 6341 pontos. Cada ponto representou então uma faixa altimétrica e possui a informação da porcentagem de área dessa faixa em relação ao total de área do município.

O zoneamento climático para os três cenários (atual, A2 e B2) foi elaborado com as seguintes classes de aptidão: cultivo recomendado e não recomendado. Para todos os pontos da sub-grade georreferenciada do programa ZonExpert foi simulada a possibilidade de plantio. As variáveis climáticas e os critérios utilizados para a recomendação do plantio da cultura da maçã foram: i. temperatura mínima anual do ar menor que 15°C; ii temperatura média mensal menor que 22°C nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro; e iii. De 350 a 700 horas de frio acumuladas entre o período de abril a setembro.

As horas de frio foram estimadas para um cenário atual e para dois cenários futuros (A2 e B2) em função das temperaturas mínimas provenientes do HadRM3P. O total de horas de frio foi calculado em função da temperatura mínima mensal, de acordo com a seguinte equação:

$HFm = 0$	Se $T_{\min} \geq \left(\frac{339}{26}\right)$
$HFm = 339 - 26 \times T_{\min}$	Se $T_{\min} < \left(\frac{339}{26}\right)$

onde: HFm é o total de horas de frio mensal e T_{\min} é a temperatura mínima mensal (MASSIGNAM et al., 2007).

Resultados e Discussão

Considerando os critérios de zoneamento utilizados para a cultura da maçã os quais foram baseados em exigências térmicas, observou-se que no cenário atual houve potencial de cultivo de maçã em regiões que são coincidentes com o

clima Cfb (clima temperado úmido com verão temperado) como era esperado, com exceção de parte da Serra do Sudeste na Região Sul do Rio Grande do Sul, a qual não foi considerada como recomendada no cenário atual (Figura 1). Deve-se ressaltar que, a base de dados utilizada para a geração do cenário atual também tem como origem os modelos meteorológicos, portanto,

podem gerar resultados diferentes dos zoneamentos estabelecidos com dados observados nas estações. Pelos resultados obtidos observa-se que a interação entre o critério de temperatura mínima e a temperatura média foi a responsável pela maioria das limitações nas recomendações de cultivo nos municípios.

As maiores anomalias de temperaturas observadas nas regiões de produção de maçã nos cenários futuros ocorrem justamente na primavera e no verão (Figura 2), que impactarão o desenvolvimento da espécie porque altera a respiração, fotossíntese e absorção de nutrientes.

Nos cenários A2 e B2, houve redução significativa do número de municípios aptos para cultivo quando comparados com o cenário atual (Figura 2), restando a recomendação somente para alguns municípios no Estado de Santa Catarina e um município para o Rio Grande do Sul no cenário mais pessimista, representando uma área de 6.424 km² (Tabela 1).

Houve redução de aproximadamente 96% e 89% na área potencial de cultivo para a maçã de média exigência em frio para os cenários A2 e B2 na Região Sul, respectivamente. Essa redução de área corresponderia potencialmente a uma redução de produção estimada em 66.430t e 204.740t. O que equivaleria a uma perda média na ordem de R\$50.000.000 nas projeções futuras de 2070 a 2100 (Tabela 2). Essa projeção de perda foi baseada nos valores de produção atual e no preço da maçã retirados de IBGE (2012) e de PROHOTRT (2012), respectivamente.

Durante todo o período de crescimento e desenvolvimento da macieira as anomalias de temperaturas dos cenários futuros foram positivas em maior ou menor grau dependendo do município considerado. Levando-se em consideração a área de plantio atual da cultura da maçã (IBGE, 2012) houve tendência de aumento das temperaturas máximas, médias e mínimas nos cenários futuros em fases fenológicas que são importantes do ponto de vista da fisiologia de produção do fruto. Com temperaturas elevadas durante o período da dormência as taxas de polinização serão mais variáveis, ocorrerá, conseqüentemente, redução da formação de gemas floríferas com decréscimo da frutificação efetiva.

O aumento das temperaturas diminui a absorção de CO₂, portanto, as temperaturas elevadas na primavera e verão diminuem o período do florescimento à maturação, reduzindo o tamanho e a acidez do fruto, produzindo frutos achatados e aumentando a escaldadura porque

frutos colhidos mais cedo, são mais susceptíveis à escaldadura. Nos cenários futuros o aumento das temperaturas poderá ter como consequência a redução tanto da produção como na qualidade dos frutos produzidos sob estas condições.

Conclusões

As mudanças climáticas projetadas para os cenários futuros A2 e B2 (2071 – 2100) reduzem as áreas potenciais de plantio das cultivares de maçã com exigência média em frio nos três Estados do Sul do Brasil.

Agradecimentos

À FINEP pelo apoio financeiro.

Referências

AGRONEGÓCIO. Inovação em pauta: Yes, nós temos maçãs. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/.../inovacao_em_pauta_5_pag43a47_macas.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2014.

ASGHAR, A.; ALI, S. M.; YASMIN, A. A. Effect of climate change on apple (*Malus domestica* var. Ambri) production: a case study in Kotli Satian, Rawalpindi, Pakistan. **Pakintan Journal of Botany**, Karachi, v. 44, n. 6, p. 1913-1918, 2012.

CAMARGO, C. G. **Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na região sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

_____. et al. Análises dos padrões climáticos futuros de precipitação na região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Anais....** Guarapari: Incaper, 2011.

CRUZ, G. de S; CAMARGO, C.; MONTEIRO, M. et al. Levantamento de horas de frio nas diferentes regiões de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 44 - 47, 2009.

EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. 743 p.

- IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=LA&z=t&o=26>>. Acesso em: 10 maio 2014.
- IPCC. **Climate change 2007: the physical science basis, summary for policymakers, contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Paris, 2007. 21 p.
- _____. **Climate change 2013: the physical science basis: summary for policymakers**. 2013. 36 p. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report. Twelfth Session of Working Group I. Disponível em: <http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27_Sept2013.pdf>. Acesso em: 28 out. 2013.
- LIMA, M.; QUADRO, M. F. L. ; PETRI, J. L. et al. Relação entre as unidades de frio e o rendimento das safras de maçã de 1997 a 2002 em Fraiburgo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003.
- MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960–2002. **International Journal of Climatology**, v. 28, n. 7, p. 893-904, 2008.
- _____.; JONES R.; ALVES L. et al. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal Climatology**, v. 29, n.15, p. 2241-2255, 2009.
- MASSIGNAM, A. M.; PANDOLFO, C.; HAMMES, L. A. et al. Espacialização das probabilidades do total anual de horas de frio em Santa Catarina. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 58-61, 2007.
- PANDOLFO, C.; HAMMES, L. A.; CAMARGO, C. et al. Estimativas dos impactos das mudanças climáticas nos zoneamentos da cultura da banana e da maçã no Estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 36-40, 2007.
- PROHORT** - Programa Brasileiro de Modernização do Mercado de Hortigranjeiro. Disponível em: <<http://www.ceasa.gov.br/precos.php?TIP=1&P01=2&P02=1&P03=46&P04=0>>. Acesso em: 05 maio 2014.
- SUGIURA, T.; OGAWA, H.; FUKUDA, N. et al. Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change. **Scientific Reports**, v. 3, p. 2418, 2013.

Tabela 1 - Estimativa das áreas potenciais para cultivo de maçã no cenário atual e futuros (A2 e B2) por estado e para a Região Sul.

Cenários	PR (km ²)	SC (km ²)	RS (km ²)	Região Sul (km ²)
Atual	68.787	66.998	35.928	171.713
A2	0	5.241	1.183	6.424
B2	0	16.333	3.534	19.866

Tabela 2 - Produção média de cinco anos (2007-2011) para o cenário atual e estimada para cenários futuros A2 e B2 e estimativa da redução produção em valor monetário para os cenários futuros A2 e B2 para a cultura da maçã por Estado e para a Região Sul.

Estado	Produção (t x 1.000)			Estimativa da redução (t x 1.000) ⁽²⁾	
	Atual ⁽¹⁾	A2	B2	A2	B2
Paraná	47,99	0	0	-2.583,18	-2.583,18
Santa Catarina	620,97	48,58	151,38	-34.439,02	-28.253,49
Rio Grande do Sul	542,52	17,86	53,36	-17.488,76	-16.305,49
Região Sul	1.211,48	66,43	204,74	-54.510,96	-47.142,17

*Fonte: ⁽¹⁾ IBGE (2012); ⁽²⁾ PROHORT (2012).

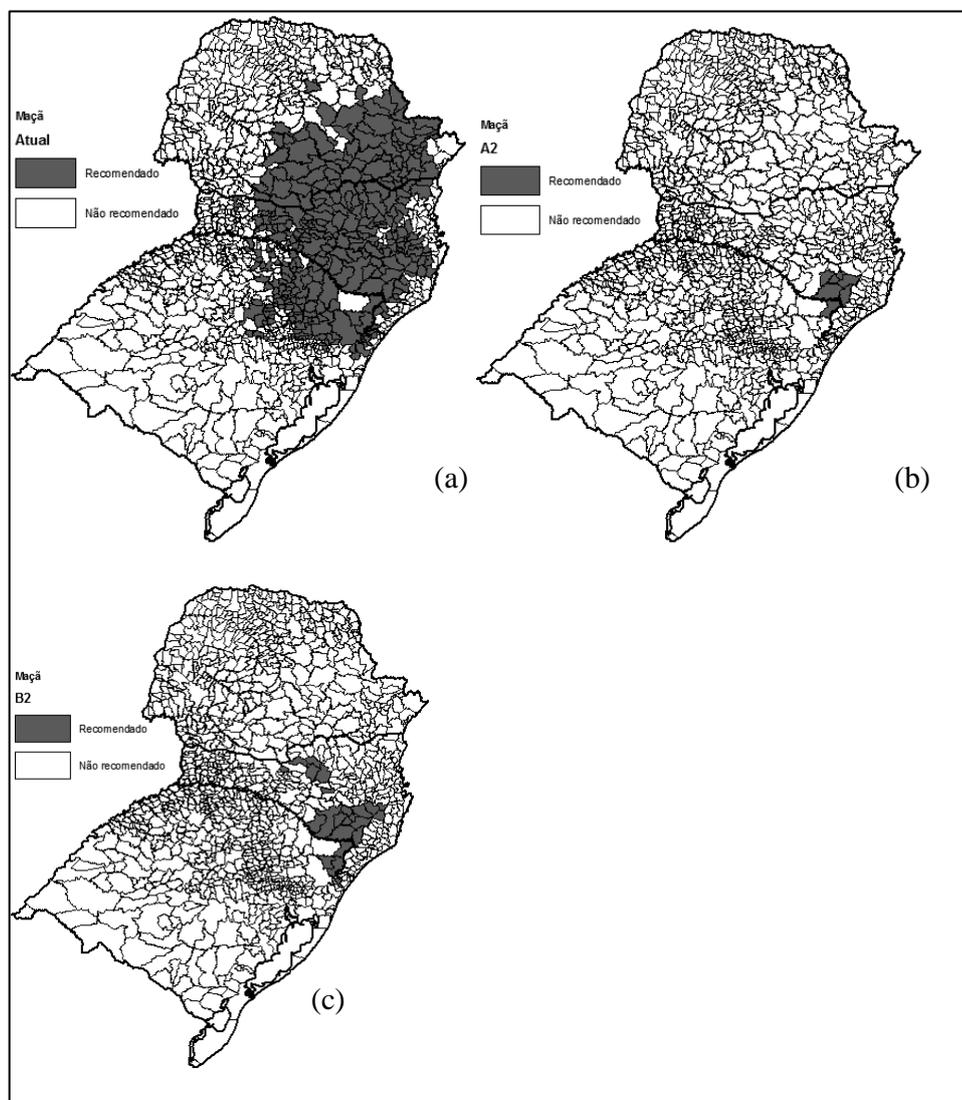


Figura 1 - Zoneamento climático para a cultivares de maçã com média exigência em frio para a Região Sul do Brasil para os cenários: atual (a), A2 (b) e B2 (c).

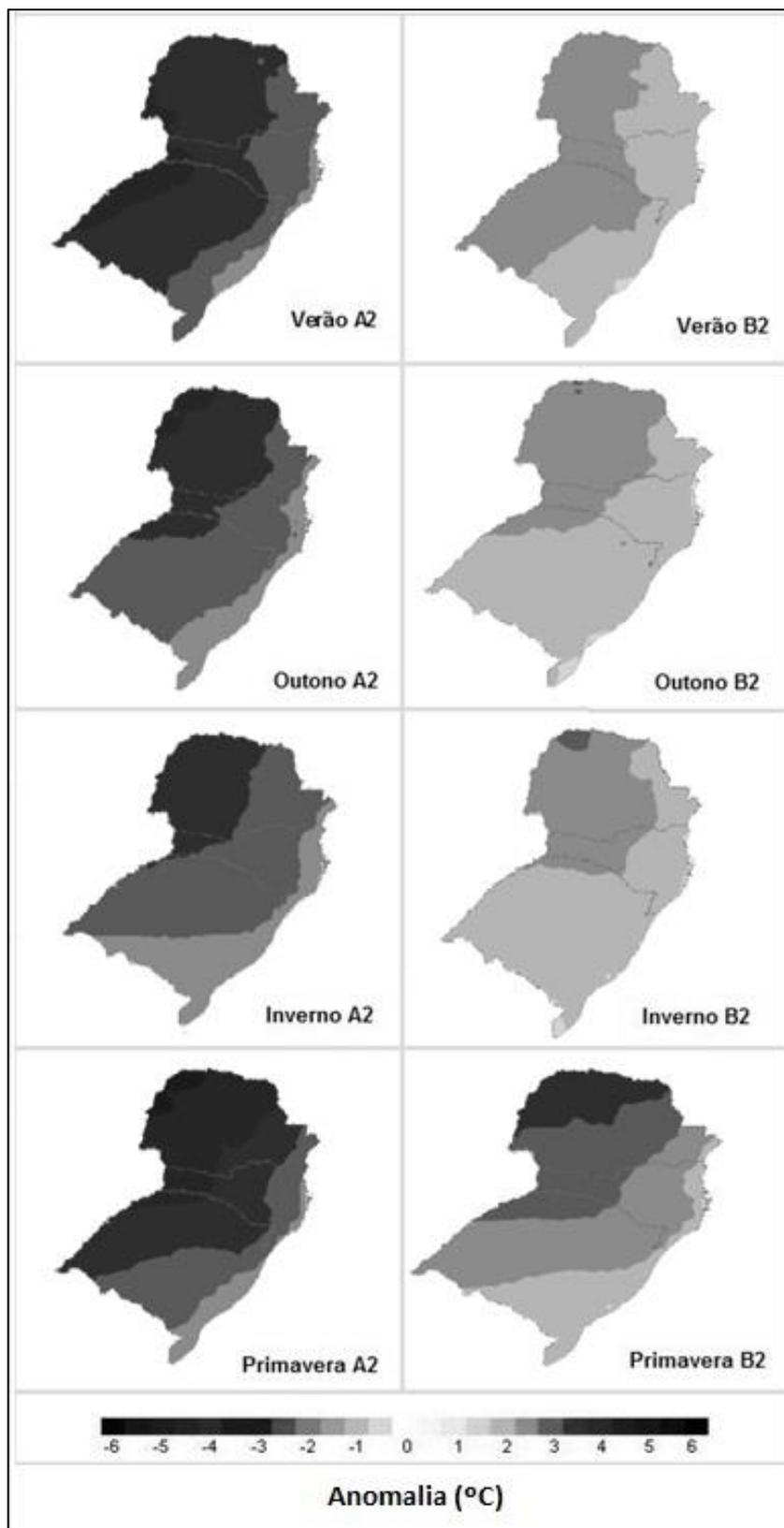


Figura 2 - Anomalias de temperaturas médias sazonais (°C) para a Região Sul do Brasil nos cenários futuros A2 e B2 (2070 a 2100).

Estrutura, conduta e desempenho como determinantes do preço do boi no estado do Rio Grande do Sul¹

Tamara Esteves de Oliveira², Ivandro Xavier Lucas Bauaze³, David Santos de Freitas⁴

RESUMO - No Rio Grande do Sul ocorreu um aumento da competitividade e a elevação dos preços dos insumos utilizados na produção de bovinos, sem a alteração do preço por quilo pago ao produtor. Este desequilíbrio causou a diminuição de renda dos pecuaristas, desacostumados à gestão racional de seus estabelecimentos rurais, levando muitos empresários a vender parte de suas terras ou abandonar a atividade. Frente a tal problemática, o artigo busca compreender a determinação do preço na bovinocultura de corte, a partir do paradigma Estrutura–Conduta–Desempenho, privilegiando os dados referentes ao preço pago ao empresário rural. O número de produtores envolvidos na bovinocultura de corte e o número de unidades de abate foram estabelecidos conforme a estatística disponibilizada pelo IBGE e, determinado e categorizado conforme dados de órgãos oficiais de inspeção, respectivamente. Constatou-se a existência de um grande número de agentes envolvidos nas três fases da produção de boi gordo, resultado da livre entrada e saída dos estabelecimentos rurais ou agentes que integram a cadeia, alterando constantemente a estrutura do setor. Sendo o principal objetivo do estabelecimento rural a definição do preço, a estruturação da bovinocultura gaúcha aliada à fraca capacidade de inovação e de diminuição dos custos de transação, não permite a fixação de preço por essas empresas.

Palavras-chave: Competição. Concorrência. Dinâmica. Oligopólio.

Structure, conduct, performance as determinants of the price of beef in Rio Grande do Sul State

ABSTRACT - In Rio Grande do Sul, an state of southern Brazil occurred an increase in the competitiveness and in the input prices demanded by beef production, without the alteration in the price *per kilogram* paid to producers. This imbalance decreased the income of farmers, unaccustomed to a rational management of their rural properties, leading many rural managers to sell part of their land or abandon the activity. Faced with this problem, the paper seeks to understand the pricing in beef cattle industry, according to the paradigm Structure-Conduct-Performance. The number of producers involved in beef cattle and the number of slaughterhouses were established according to statistics of the Brazilian institute of statistic and geography (IBGE) and categorized according to the official inspection department, respectively. A large number of actors involved in the production of three cattle's stages was found, as a result of the free entry and exit of rural establishments or agents that compose the supply chain, constantly changing this industry structure. Since the main objective of a firm is setting the price, the structuring of the state's cattle combined with the weak capacity for innovation and lowering transaction costs, does not allow pricing by this farmers.

Key words: Competition. Concurrence. Dynamics. Oligopoly.

¹ Manuscrito recebido em 17/09/2014 e aceito para publicação em 27/11/2014.

² Médica Veterinária, Mestre em Zootecnia, UFRGS. Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Agronegócios, CEPAN/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000 Porto Alegre, RS/Brasil. E-mail: tamaraesteves@yahoo.com.br

³ Engenheiro, Mestre em Agronegócio pelo Programa de Pós Graduação em Agronegócios, CEPAN/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000 Porto Alegre, RS/Brasil.

⁴ Biólogo, Mestre em Zoologia, PUCRS. Doutorando do Programa de Pós Graduação em Biologia, UNISINOS. Av. Unisinos, 950, 93022-000 São Leopoldo, RS/Brasil.

Introdução

O modelo Estrutura-Conduita-Desempenho (ECD) representa a base para a compreensão da dinâmica em diversos setores da economia, pois explica de forma linear a dependência da estrutura de um setor, de suas condições tecnológicas e demanda dos produtos, que afetam sua conduita e desempenho. Assim, parte do princípio de que o desempenho das empresas depende da conduita de vendedores e compradores que depende da estrutura de mercado (CARLTON e PERLOFF, 1999).

Quanto às estabelecimentos rurais, a conduita de mercado se refere ao comportamento que estas adotam para se adaptarem aos mercados em que atuam (BAIN, 1956). A globalização intensifica a competição, induzindo-as principalmente a políticas de determinação de preços, como a diferenciação de produtos, buscando ampliar a capacidade de fixar o preço bem acima dos custos (MEDEIROS e SOUZA, 2009). O desempenho avalia questões como a prosperidade econômica, a produtividade, a quantidade e a qualidade dos produtos (FERGUNSON e FERGUNSON, 1983).

A produção de bovinos acompanha exigências nacionais e internacionais relacionadas aos anseios dos consumidores (segurança, ética e atributos de qualidade dos alimentos). Por sua vez, a indústria também deve respeitar estes e outros princípios (legislação/ fiscalização). Processos que carregam custos até oferecer o produto (cortes de carne bovina) ao consumidor final (VIANA *et al.*, 2009). Esses custos são repassados, juntamente com diferentes níveis de lucro, formando o preço que será pago pelo próximo agente da cadeia produtiva.

Apesar do aumento da competitividade e da elevação dos preços dos insumos utilizados na produção, o preço do quilograma de boi vivo pago ao produtor nos últimos anos se manteve constante. Este desequilíbrio de valores ocasionou a diminuição de renda dos pecuaristas, desacostumados a gestão racional de seus estabelecimentos rurais, levando muitos empresários a vender parte de suas terras ou abandonar a atividade.

O modelo ECD pode ser aplicado para a interpretação da dinâmica estabelecida na pecuária de corte, auxiliando na compreensão de sua conduita e de seu desempenho e, dessa forma, contribuir para a busca do estabelecimento da competitividade da pecuária gaúcha. Frente a esta problemática, este artigo se propõe a analisar a

determinação do preço através do paradigma ECD, contribuindo para a compressão da dinâmica econômica na bovinocultura de corte.

Materiais e Métodos

Para a análise da determinação de preço através do paradigma Estrutura-Conduita-Desempenho é vital o entendimento de que na cadeia produtiva da carne bovina, apenas são disponibilizados ao público: o preço de venda dos animais pelos produtores e o preço de compra da carne pelos consumidores. Isso ocorre porque as informações referentes à comercialização entre frigoríficos e varejo, podem oferecer vantagens competitivas a estes estabelecimentos rurais. Neste estudo foram privilegiados os dados referentes ao preço pago ao empresário rural, pois a maior distância entre estes empresários e o consumidor final diminui sua influência na remuneração.

As informações referentes ao preço da carne foram obtidas das fontes FUNDESA, CEPEA e EMATER. No entanto, houve diferenças entre as fontes de dados, conforme observado nos resultados. O Número de produtores envolvidos com a atividade de bovinocultura de corte foi estabelecido conforme a estatística disponibilizada pelo IBGE e pelo informativo NESPRO (NESPRO, 2014). O número de unidades de abate (frigoríficos) foi determinado e categorizado conforme os órgãos oficiais de inspeção sanitária (CISPOA, SIM ou SIF) e confirmado pelo informativo NESPRO (NESPRO, 2014).

Resultados e Discussões

O preço do boi gordo apresentou dois ciclos de valorização, um de novembro de 2010 até julho de 2012 e outro a partir de novembro de 2013 (Figura 1) que são causados principalmente pela sazonalidade de produção (NESPRO, 2014).

Na cadeia produtiva da carne bovina, o boi gordo é produzido a partir de três fases distintas (cria, recria e terminação). Para cada categoria de animais, existe um mercado caracterizado por agentes que desenvolvem etapas complementares, entre as quais está comercializar produtos com preço definido pelos agentes (SACHS e MARTINS, 2007).

A bovinocultura brasileira, e conseqüentemente a gaúcha, segue uma estratificação em elos de sua cadeia produtiva que possuem diferentes produtos e

representatividade no setor (Figura 2). Observa-se, que a exemplo do que ocorre no Brasil, há uma grande desorganização nessa cadeia produtiva (NEUMANN; ZUCHONELLI e PRIEB, 2006; BARCELLOS *et al.*, 2004). Esta estrutura se apresenta desalinhada e sem coordenação de ações, características que acabam tornando-a menos competitiva do que outras cadeias produtoras de carne, nas quais ocorre maior padronização dos produtos, disseminação de tecnologias e valorização dos produtos.

Número de Agentes

No Rio Grande do Sul, um dos fatores que contribui para essa disparidade é o número de agentes ativas em cada elo da cadeia produtiva, que é bastante diferente. São muitos produtores, em grande parte de pequena escala, um número menor de frigoríficos (menor ainda se considerarmos os habilitados para a exportação) e relativa à comercialização direta aos consumidores, um pequeno número de grandes empresas internacionais e pequenas empresas (mercados nacionais, açougues, boutiques e casas de carnes).

Produtores

A pecuária no Rio Grande do Sul se caracteriza pela coexistência de pecuaristas inovadores com tradicionais que desenvolvem a atividade de forma extensiva (DA SILVA e ALVES, 2009), embora estas características influenciem a eficiência destas empresas, dificilmente é capaz de alterar o preço pago pelos produtos, com raras exceções de produtos diferenciados.

Além disso, a maioria dos produtores estabelece sua produção basicamente sobre pastagens naturais (campo nativo) ou degradadas (Tabela 1), que não oferecem o aporte nutricional necessário para manter a eficiência reprodutiva das matrizes e conseqüentemente, a produtividade do estabelecimento rural.

Agregar valor a este produto continua sendo o maior objetivo destes produtores e de pesquisadores em todo o mundo (WILLIAMS *et al.*, 2012), sendo a forma mais comum, práticas de castração e descorna. Estas práticas não podem ser consideradas como diferenciação de produtos, mas sim exigências básicas de padronização e qualidade.

As características, a localização e a concentração dos produtores também alteram sua competitividade e sua capacidade de determinar o preço do produto. No Rio Grande do Sul (RS), a

pecuária de corte está se concentrando em regiões com menor produção de culturas (soja e milho), como a Fronteira Oeste (Figura 3).

Os bioindicadores desta região são baixos, com os agricultores frequentemente operando em prejuízo para este tipo de produção (Andreatta, 2009) e a tecnologia utilizada nestas fazendas varia muito, resultando em baixos indicadores socioeconômicos (SEBRAE / SENAR / FARSUL, 2005).

A competitividade da pecuária de carne tem relação direta com a economia dos sistemas de produção. Para ser mais competitivo, bem como mais rentável, o sistema de produção deve ser sustentável, sendo esta uma definição mais ampla de economia eficiência (ANUALPEC, 2009). No entanto, o produtor permanece entre setores de mercado altamente especializados e não possui capacidade de formular os preços finais de seu produto (MONTROYA e PARRÉ, 2000).

Frigoríficos

O setor industrial gaúcho envolve 13 frigoríficos sob inspeção federal e 100 com inspeção estadual, localizados na sua maioria na região chamada Metade Sul do Estado (NESPRO, 2014). Além desses, existe um grande número de estabelecimentos pequenos sob inspeção municipal (Figura 4). Esta localização das plantas frigoríficas acompanha a distribuição espacial da produção.

A aquisição de animais destinados ao abate é geralmente realizada através de agentes comerciais comissionados pelos frigoríficos ou varejistas (NEUMANN; ZUCHONELLI; PRIEB, 2006), sendo realizadas pelo peso vivo ou rendimento (CHRISTOFARI *et al.*, 2008). Nas compras por peso vivo, a remuneração é definida na balança da propriedade, multiplicando-se o peso do animal pelo valor do quilograma, enquanto que a rendimento, a remuneração é definida no frigorífico, multiplicando-se o peso da carcaça quente pelo valor do quilograma de carcaça. A maioria (60%) das compras é realizada a rendimento (VIANA e SILVEIRA, 2007), no Estado. No entanto, enfrenta-se o impasse de atender os interesses dos frigoríficos a quem interessa pagar pela carne obtida dos animais e os anseios dos produtores, que desconfiam dos valores fornecidos pelos frigoríficos em relação ao rendimento no abate (SUÑE, 2005).

Destacando-se entre as principais estruturas de mercado, a conformação oligopolista enfatiza a complexidade na determinação de preço e da

quantidade a ser produzida pelos estabelecimentos rurais em virtude da interdependência de suas ações (MEDEIROS e SOUZA, 2009). Essa complexidade resulta da possibilidade de mudanças na capacidade produtiva dos estabelecimentos rurais, mas também devido à entrada de novos estabelecimentos rurais no setor, que pode mudar a estrutura da indústria em termos de concentração (LABINI, 1984).

Varejo

O Plano Real (1994) propiciou que redes estrangeiras investissem ou reinvestissem no Brasil, aumentando os processos de fusões dentro do setor de supermercados, principalmente, com ascensão das redes estrangeiras Carrefour (francesa), WalMart (norte-americana), Sonae (portuguesa) e Royal Ahold (holandesa) (AGUIAR e CONCHA-AMIM, 2005).

Como esta cadeia é desarticulada e os supermercados são os responsáveis pela distribuição da maioria do produto ao consumidor (TELLECHEA, 2001); estes estabelecem as regras na cadeia da carne, definindo os preços praticados às indústrias e aos produtores. Isto ocorre porque o consumidor é o regulador de preços e é sensível ao seu aumento (RIO GRANDE DO SUL, 2003). Atribui-se ao comércio varejista uma função relevante em relação aos sistemas produtivos, uma vez que exerce forte influência sobre as preferências dos consumidores, tornando-se dessa forma uma atividade fundamental nas cadeias agroalimentares.

Consumo

Constituem fatores de influência no preço do bem: a demanda por produtos, número de compradores, renda, preferências dos consumidores, preço de produtos substitutivos e complementares, sazonalidade, grau de distribuição do produto e marketing (SILVA e STEFANELO, 2002; MANSFIELD e YOHE, 2006). Na pecuária de cria, a demanda dos produtos (bezerros) pode ser influenciada por todos esses fatores, destacando como bens complementares ao produto bezerro, outras categorias animais, como novilhos de sobreano ou de 2,5 anos. Contudo, o preço do boi gordo é o único a influenciar sistematicamente os demais preços da pecuária de corte (IEL/CNA/SEBRAE, 2000). Os bens substitutivos referem-se a outras cadeias produtivas, já que em um cenário de preços baixos, muitos produtores destinam as

áreas pertencentes à bovinocultura para outras atividades (BARCELLOS *et al.*, 2004), como plantio de soja, milho, cana-de-açúcar e o florestamento.

A demanda do consumidor é denominada primária, porque influenciará todas as demandas ao longo da cadeia produtiva. A do produtor é classificada como derivada, pois depende da demanda dos setores atacadistas e varejistas (ARBAGE, 2000), os quais são consumidores dos fatores de produção, utilizando-os para a elaboração e a comercialização do produto final (PINDYCK e RUBINFELD, 1994).

No caso da cadeia da carne bovina, o setor varejista avalia as decisões de compra dos consumidores (cortes preferenciais, quantidade demandada) e calculam o quanto podem oferecer pela carcaça estabelecendo uma margem de lucro. Por sua vez, os frigoríficos, a partir do quanto é oferecido pelos varejistas, convertem o preço em diferentes níveis de qualidade e do peso do boi gordo aos produtores, que não têm capacidade de influenciar este preço. Em relação à estrutura de mercado, os frigoríficos e as grandes redes de supermercados estabelecidos no RS, a cadeia da carne caracteriza-se como oligopsônica (NEUMANN, ZUCHONELLI e PRIEB, 2006).

Em contrapartida, um expressivo número de produtores com poder de negociação semelhante, conhecedores da estrutura de custos dos demais, com produtos sem diferenciação significativa, compõe o setor produtivo caracterizando a estrutura de mercado como de concorrência perfeita, sendo os produtores tomadores de preço no mercado (NEUMANN, ZUCHONELLI e PRIEB, 2006; DA SILVA e ALVES, 2009). Sendo assim, os produtos que não possuem diferenciação significativa se sujeitam as flutuações no preço decorrentes do aumento da oferta ou ampliação da demanda (NEUMANN, ZUCHONELLI e PRIEB, 2006).

Além disso, os preços baixos são causados por aspectos sanitários, que impedem o alcance a mercados internacionais, pela concentração dos abates em poucos frigoríficos e também pela concentração existente no setor de varejo (Barcellos *et al.*, 2004).

Conclusões

Visto que a estrutura dos setores determina o caminho a ser seguido pelas estabelecimentos rurais, a entrada e saída de vendedores e compradores altera constantemente a estrutura do

setor pecuarista gaúcho, em particular, a bovinocultura de corte. Assim, o mercado da carne bovina é caracterizado como sendo *spot* ou atomizado, pois dado o número de estabelecimentos rurais e a organização destas, são obrigadas a renunciar a sua principal decisão (formação do preço) a favor do mercado, que a faz através da lei da procura e da oferta.

Como resultado da caracterização do mercado, cabe ainda destacar que em relação à comercialização, os principais problemas, do ponto de vista dos produtores rurais, são os baixos preços praticados, as incertezas referentes ao processo de comercialização, a falta de alternativas de compradores e a inadimplência.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. R. D.; CONCHA-AMIM, M. Concentração Industrial, Fusões e Turnover no Setor Supermercado Brasileiro. **Revista Gestão & Produção**. V.13, N.1, p.45-56, 2006.
- ANDREATTA, T., 2009. **Bovino de corte do RS: um estudo a partir do perfil dos pecuaristas e organização dos estabelecimentos agrícolas**. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Brasil.
- ANUALPEC, 2009. **Anuário da Pecuária Brasileira**. AgraFNP, São Paulo, Brasil, 360pp.
- ANUALPEC, 2010. **Anuário da Pecuária Brasileira**. AgraFNP, São Paulo, Brasil, 360pp.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS (ABRAS) - **Revista Mensal Superhiper** – maio de 1998 a maio de 2006.
- ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE SUPERMERCADOS - Disponível em: www.agas.com.br Acesso em 25 de Agosto de 2014.
- BAIN, J. S. **Barrier to new competition**. Cambridge: Harvard University. 1956.
- BARCELLOS, J. O. J. *et al.* Bovino de corte frente a Agricultura no Sul do Brasil. *In: CICLO DE ATUALIZAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA*, XI, Lages, 2004. **Anais...** Lages: Centro Agroveterinário de Lages, 2004.
- BARCELLOS, M. D.; CALLEGARO, C. A. M. Entendendo o processo decisório de compra: como o consumidor pode contribuir para a coordenação da cadeia produtiva na carne bovina? *In: ASSEMBLÉIA DO CONSELHO LATINO-AMERICANO DE ESCOLAS DE ADMINISTRAÇÃO*, 37., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CLADEA, 2002. 1 CD-ROM.
- CARLTON, D. W.; PERLOFF, J. M. **Modern industrial organization**. 3. ed. Addison-Wesley, 1999. 2-10p.
- CHRISTOFÁRI, L. F. *et al.* Análise do sistema de comercialização e do abate de bovinos no estado do Rio Grande do Sul: um estudo de caso. **Veterinária em Foco**, Canoas, v.5, n.2, p.102-120, jan./jun. 2008.
- DA SILVA, C. A.; ALVES, T. W. Perfil da pecuária de corte do Rio Grande do Sul. *In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE*, III, Blumenau, 2009. Disponível em: www.apec.unesc.net/artigosiiieec/html. Acessado em 10 de Julho de 2014.
- DE ZEN, Sérgio. Alguns aspectos do processo de formação dos preços da pecuária de corte. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, v.86, p.4-9, dez. 1993.
- FERGUNSON, P. R.; FERGUNSON, G. J. **Industrial economics: issues and perspectives**. Chapter 2. London: MacMillan, 1994.
- FILHO, P. J. M.; DIVÉRIO, T. S. M. **A organização da indústria de carne Gaúcha a partir de 1980**. 12ª Ed. Nov. 2000.
- IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Serviços e Comércio, Pesquisa Anual de Comércio 2010. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Comercio_e_Servicos/Pesquisa_Anual_de_Comercio/2010/pac2010.pdf Acesso em 10 de Junho de 2014
- IBGE. Censo Agropecuário - 2006. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=788&z=t&o=3>. Acesso em: 15 de Setembro de 2014.
- LABINI, P. S. (1980). *Oligopólio e Progresso Técnico*. Rio de Janeiro, Forense Universitária.

- MEDEIROS, N. H; SOUZA, F. Estrutura conduta e desempenho de mercado da avicultura Paranaense: Um estudo de caso da organização industrial recente. In 49º CONGRESSO BRASILEIRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA SOCIOLOGIA RURAL, 26 A 30 Nov. 2009. Porto Alegre: SOBER 2006.
- MIGUEL, L. A. *et al.* Caracterização socioeconômica e produtiva da bovinocultura de corte no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA, 3º, Porto Alegre, 2005. Porto Alegre: PUC-RS. Disponível em: <<http://www.fee.tche.br:3eeg/artigos/m02t03.pdf>>. Acesso em 15 de Julho de 2014.
- MIGUEL, L. A. *et al.* Caracterização socioeconômica e produtiva da bovinocultura de corte no Rio Grande do Sul. **Estudo e Debate**, Lajeado, v.14, n.2, p. 95-125, 2007.
- MONTOYA, M. A.; PARRÉ, J. L. O agronegócio brasileiro no final do século XX: estrutura produtiva, arquitetura organizacional e tendências. Passo Fundo: UPF, 2000. 2 v.
- NESPRO, I. Bovinocultura de corte no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/nespro/informativos/1/> Acessado em 17 de Novembro de 2014.
- NEUMANN, M.; ZUCHONELLI, C.; PRIEB, R. I. P. A cadeia produtiva da carne bovina: análise de formação de preços da carne bovina no Rio Grande do Sul. In: *Jornada técnica em sistemas de produção de bovinos de corte e cadeia produtiva: tecnologia, gestão e mercado*, 1., Porto Alegre, 2006. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS – DZ – NESPRO, 2006. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, C. B.; BORTOLI, E. C.; BARCELLOS, J. O. J. Diferenciação por qualidade da carne bovina: a ótica do bem-estar animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.2092-2096, out, 2008.
- RIO GRANDE DO SUL. **Assembleia Legislativa. CPI das carnes relatório final.** Porto Alegre, 2003. 764p. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br>>. Acesso em: 15 junho 2014.
- SACHS, R. C. C., PINATTI, E. Análise do comportamento dos preços do boi gordo e do boi magro na pecuária de corte paulista, no período de 1995 a 2006. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.5, n.3, 2007.
- SANTOS, E. V. (2000). Transmissão de Preços entre Estabelecimentos Comerciais do Setor Supermercadista de Porto Alegre – Café, Costela Bovina e Óleo de Soja. XXXVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Rio de Janeiro, RJ, 30/07 a 05/08/00. **Anais...** Brasília SOBER.
- SEBRAE/SENAR/FARSUL, 2005. Diagnóstico de sistemas de produção de bovinocultura de corte no estado do Rio Grande do Sul. Relatório. SENAR, Porto Alegre, Brasil, 265 pp
- SIFFERT FILHO, N.; FAVERET FILHO, P. O. Sistema agroindustrial de carnes: Competitividade e estruturas de governança. In: Seminário Sobre Competitividade na Indústria de Alimentos. Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, Campinas, 15 a 16 abril de 1998. (modificado).
- SUÑE, Y. B. P. Uma análise da comercialização de bovinos para abate no estado do Rio Grande do Sul. 123 fl. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto alegre, 2005.
- TELLECHEA, F. Análise dos custos de transação no setor industrial da cadeia produtiva de carne bovina no Rio Grande do Sul. 2001. 98p. **Dissertação** (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- TORRES Jr. A. Formação e composição do preço da carne bovina. In: PATIÑO, H.O.,MEDEIROS, F.S. (Eds.) 1º Simpósio da carne bovina: Da produção ao mercado consumidor. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2003, p.209-226.
- VIANA, J. G. A.; SILVEIRA, V. C. P. A relação entre o preço pago pelo consumidor de carne bovina em Santa Maria e o recebido pelo produtor de gado de corte no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p. 1122-1127, jul./ago.2007.
- VIANA, J. G. A.; SOUZA, R. S., SILVEIRA, V. C. P. Evolução dos preços históricos da bovinocultura de corte do rio grande do sul:

tendência e comportamento dos preços em nível de produtor e consumidor. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p. 1109-1117, 2009.

Cattle Auctions. **Journal of agricultural and resource economics**, v.37 n.1, p. 114-127.

WILLIAMS, G. S.; *et al.* Determinants of Price Differentials in Oklahoma Value-Added Feeder

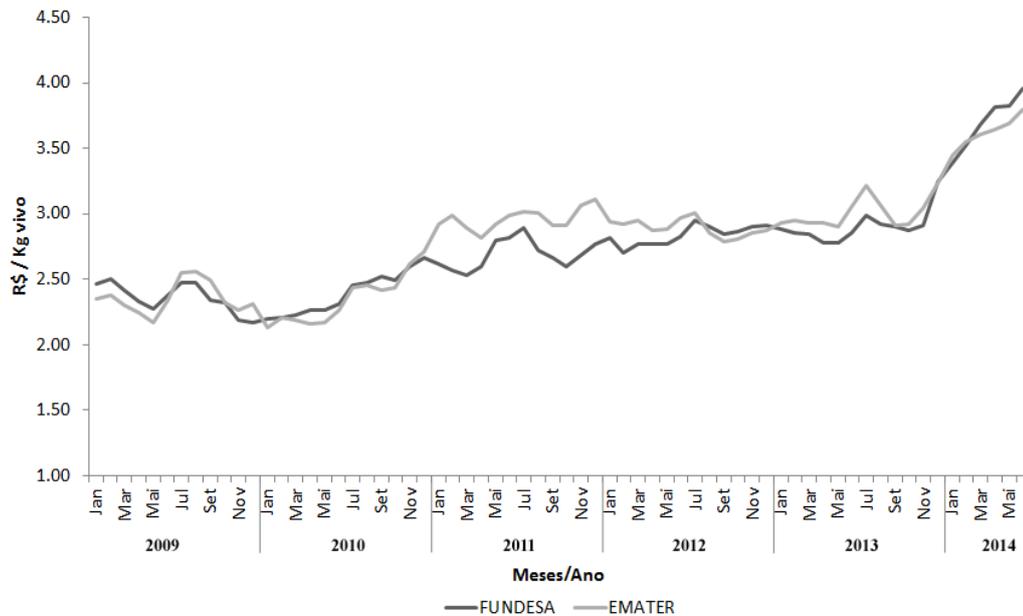


Figura 1 - Variação do preço durante os períodos de Janeiro de 2009 a Maio de 2014.

*Fonte: Adaptado de Informativo NESPRO (NESPRO, 2014) conforme dados da FUNDESA.

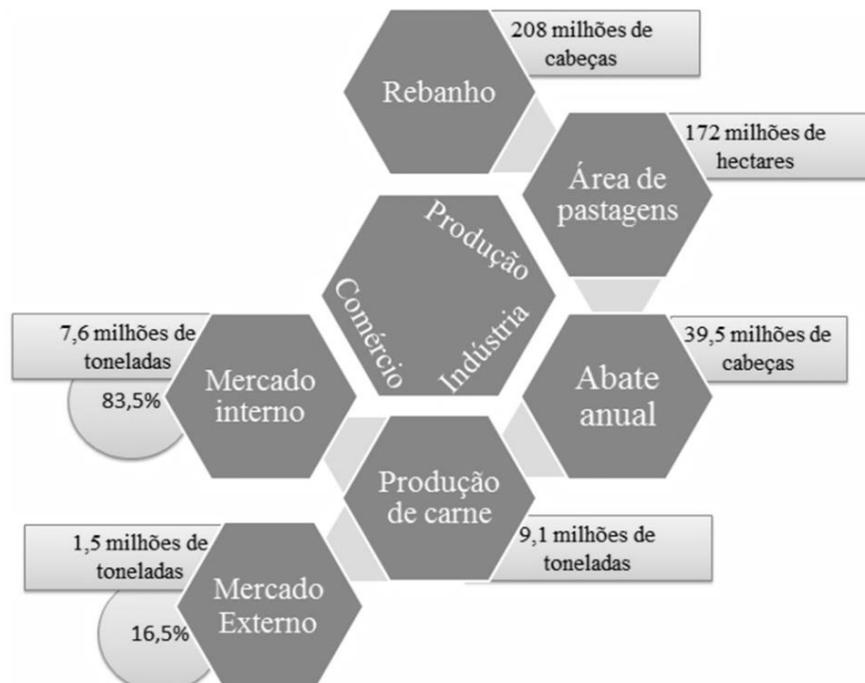


Figura 2 - Perfil da pecuária brasileira conforme sua cadeia produtiva.

*Fonte: Elaborado pelos autores com base nas informações disponibilizadas pela ABIEC (2013).

Tabela 1 - Número e área de estabelecimentos agropecuários por características das pastagens.

Características das pastagens	Número de estabelecimentos agropecuários	Área dos estabelecimentos agropecuários (hectares)
Naturais	280.303	8.268.114
Plantadas degradadas	8.758	95.759
Plantadas em boas condições	68.625	881.064
Total	357.686	9.244.937

*Fonte: Tabela 854 (SIDRA/IBGE, 2006).

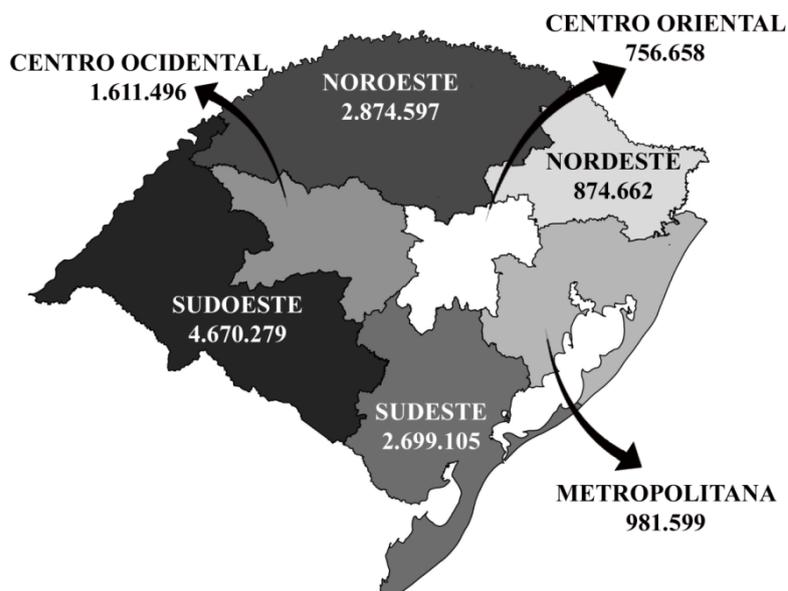


Figura 3 - Efetivo bovino por mesoregiões do estado do Rio Grande do Sul.

*Fonte: Adaptado de Informativo NESPRO (NESPRO, 2014).

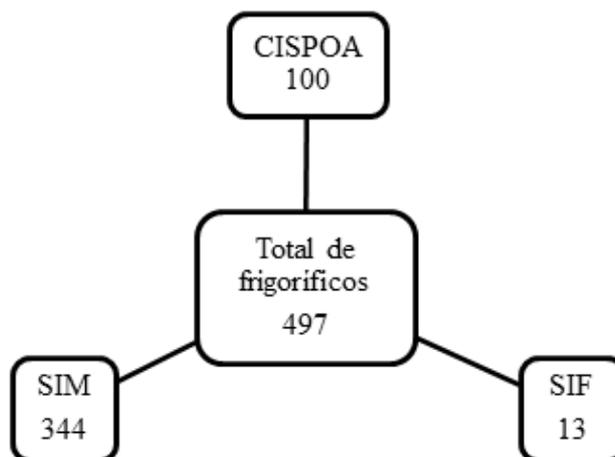


Figura 4 - Número de frigoríficos abatendo bovinos diferenciados conforme a inspeção dos produtos de origem animal (NESPRO, 2014).

Parâmetros ruminais de bovinos alimentados com farelo de girassol hidrolisado ¹

Marco Antônio Gonzales de Carvalho ², Marina Gonzales de Carvalho ³, Bethina Bastos

Barboza ⁴, Rosemary Laís Galati ⁵, Jane Maria Bertocco Ezequiel ⁶

Resumo - O objetivo foi estudar a inclusão do farelo de girassol hidrolisado com hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) nas dietas de bovinos de corte e sua influência sobre os valores ruminais de pH ruminal e nitrogênio amoniacal, e avaliar as degradabilidades ruminais da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido dos farelos de girassol sem tratamento ou tratados com 15, 30, 45 e 60 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ de farelo. A hidrólise do farelo de girassol não influenciou os valores ruminais de pH e nitrogênio amoniacal. A fração solúvel da matéria seca e proteína bruta diminuíram com a hidrólise. No entanto, não houve diferenças na degradação potencial da proteína bruta, indicando que um posterior aproveitamento intestinal desta proteína não seria prejudicado. A solubilidade da fibra em detergente neutro aumentou com a hidrólise, e menores porcentagens de fração indegradável foram obtidas com 15 e 60 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$. A hidrólise possibilitou o aumento da fração potencialmente degradável e as degradabilidades da fibra em detergente neutro sem prejudicar seu aproveitamento proteico no ambiente ruminal. A utilização de 15 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ seria suficiente para melhorar a degradação da fibra em detergente neutro desse ingrediente.

Palavras-chave: Degradabilidade. Gado de corte. Hidróxido de cálcio. Nitrogênio amoniacal. pH ruminal.

Rumen parameters of cattle fed hydrolyzed sunflower meal

Abstract - The aim was to evaluate the addition of sunflower meal hydrolyzed with calcium hydroxide (Ca(OH)_2) in cattle diets and it influences on ruminal parameters of pH and ammonia nitrogen. This study also evaluate the ruminal degradability of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber from sunflower meal with or without treatment with 15, 30, 45, and 60 g of $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$. The sunflower meal hydrolysis did not influence the ruminal values of pH and ammonia nitrogen. The soluble fractions of dry matter and crude protein decrease with sunflower hydrolysis. Therefore, the potential degradation of crude protein did not affect, indicating that a posterior intestinal utilization of this protein would not be affected. The neutral detergent fiber solubility increase with hydrolysis, with lower percentages of undegradable fraction with 15 and 60 g of $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$. The hydrolysis increases the potential degradable fraction and the degradability of neutral detergent fiber of sunflower meal without prejudicing it protein use in rumen. The use of 15 g of $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ would be satisfactory to improve the degradation of neutral detergent fiber of sunflower meal.

Key words: Degradability. Cattle. Calcium hydroxide. Ammonia nitrogen. pH rumen.

¹Manuscrito recebido em 07/10/2014 e aceito para publicação em 12/12/2014.

²Zootecnista, Centro de Isótopos Estáveis, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Distrito de Rubião Júnior s/n, CEP 18618-970, Botucatu/SP. Autor para correspondência. E-mail: gonzalesmarco@hotmail.com. Tel: (14) 3880-0692.

³Médica Veterinária, M.Sc. Zootecnia, Centro de Isótopos Estáveis, UNESP, Distrito de Rubião Júnior s/n, CEP 18618-970, Botucatu/SP.

⁴Médica Veterinária, Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), UNESP, Botucatu/SP.

⁵Zootecnista, Dra. Zootecnia, Professora Adjunta do Departamento de Zootecnia e Extensão Rural, Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEV), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá/MT.

⁶Zootecnista, Dra. Zootecnia, Professora Adjunta do Departamento de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP, Jaboticabal/SP.

Introdução

A globalização do mercado de alimentos e insumos tornou diversos produtos agropecuários em *commodities*, que acompanham as tendências de preço do mercado internacional. Com isso a diminuição dos custos de produção e o aumento da produtividade tornam-se fatores essenciais no fortalecimento do sistema produtivo, prevenindo o produtor de eventuais prejuízos causados pelas oscilações do mercado externo.

Dentre os produtos agropecuários a carne bovina tem grande destaque mundial, com uma produção anual estimada em 63 milhões de toneladas, sendo 14,7 % produzidos no Brasil, o segundo maior produtor mundial (FAO, 2012). Na cadeia produtiva da carne, as despesas com a alimentação dos animais tem grande influência na lucratividade final do pecuarista, que busca por ingredientes e métodos alternativos para diminuir os custos de produção sem prejudicar a produtividade do rebanho.

Isso pode ser alcançado a partir de técnicas que promovam a melhoria de ingredientes utilizados na alimentação animal, como a inclusão do farelo de girassol (*Helianthus annuus* L.) em dietas de bovinos de corte devido ao seu potencial proteico, com teores próximos a 30 % de proteína bruta e degradabilidade efetiva dessa proteína acima de 73 % (LOMASCOLO et al., 2012; HABIB et al., 2013; MARGHAZANI et al., 2013). Apesar da qualidade proteica, o farelo de girassol contém fibra de baixa qualidade, o que pode limitar sua utilização nas dietas de ruminantes (GALATI, 2004).

Na busca de melhorar a qualidade de alimentos fibrosos, estudos indicam que o tratamento químico com álcalis favorece a degradação da fibra, rompendo a parede celular e dissolvendo a hemicelulose e lignina pela hidrólise de ésteres (JACKSON, 1977). Dentre os produtos utilizados nessa hidrólise alcalina, a cal hidratada ou hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) aumentou os coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro, melhorando o valor nutritivo do farelo de girassol (CAMPOS et al., 2008).

No entanto, não há estudos avaliando o efeito da hidrólise do farelo de girassol com Ca(OH)_2 sob os parâmetros ruminais de pH, nitrogênio amoniacal e degradabilidade. O objetivo desse estudo foi avaliar a influência da hidrólise alcalina do farelo de girassol na alimentação de bovinos de corte sob os valores de pH ruminal, nitrogênio amoniacal no rúmen e

degradabilidades da matéria seca, proteína, fibra bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, para obter informações que possibilitem um melhor aproveitamento do alimento na nutrição de ruminantes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos e as análises laboratoriais realizadas no Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), ambos pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal. Os animais foram alojados em baias individuais, providas de comedouros e bebedouros com água sempre disponível.

Foram utilizados quatro bovinos machos não castrados da raça Nelore, canulados no rúmen, pesando em média 550 kg. No início do experimento, os animais foram tratados com Ivermectina para o controle de endo e ectoparasitas. Os animais receberam dietas compostas por 70 % de silagem de milho e 30 % de concentrado contendo farelo de girassol (Tabela 1) com ou sem hidrólise alcalina com cal hidratada, que é composta por hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2). As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, permitindo sobras de até 10 %. Foram formuladas duas dietas, a dieta controle contendo farelo de girassol sem tratamento (FG) e outra dieta contendo o farelo de girassol hidrolisado (FH) com 30 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ do farelo. A quantidade de 30 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ foi escolhida por ser o nível intermediário aos estudados no ensaio de degradabilidade ruminal *in situ* (0, 15, 30, 45 e 60 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ do farelo).

O farelo de girassol utilizado foi obtido na forma peletizada da agroindústria sendo triturado em tritadeira com peneira de crivos de 3 mm. Para obtenção do farelo de girassol hidrolisado, após a trituração o farelo foi espalhado em lona plástica em camada de 1 cm, sendo pulverizada solução de cal hidratada diluída em 500 mL de água por bomba tipo costal em 1 kg do farelo de girassol (na matéria natural). Após a aplicação, o material permaneceu sobre a lona plástica, secando à sombra por 24 h.

Para o estudo da degradação ruminal, foi utilizada a técnica *in situ* (ØRSKOV e MCDONALD, 1979) com sacos de náilon 100 % poliamida, medindo 14 x 7 cm e com poros de 50 μm . Foram colocados nos sacos 5 g de matéria

seca dos farelos de girassol hidrolisados ou não, moídos em peneira com crivos de 2 mm.

Foram avaliadas as concentrações de 0 (FG), 15 (FH15), 30 (FH30), 45 (FH45) e 60 g (FH60) de Ca(OH)_2 diluído em 500 mL de água, para cada quilograma de farelo. Os sacos de náilon previamente pesados e com as amostras de cada farelo, foram fixados a uma corrente de 50 cm de comprimento e colocados no interior do rúmen, ficando presos por um cordão à tampa da cânula. Os tempos de incubação foram de 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas. Ao término da incubação ruminal, os sacos foram lavados, para retirada do excesso de conteúdo ruminal, para depois serem imersos em água gelada por um período de 30 min, para interrupção da atividade microbiana, e em seguida lavados em máquina tanquinho com renovação de água, até que a água ficasse totalmente limpa (TEIXEIRA, HUBER e WANDERLEY, 1989). Após esta etapa, os sacos contendo os resíduos da incubação foram secos em estufa de circulação e renovação de ar a temperatura de 55 °C por 72 h. Os sacos com os resíduos foram pesados, após secos e em equilíbrio com a temperatura ambiente, para posteriores cálculos das degradabilidades.

A fração solúvel foi determinada lavando-se em líquido ruminal autoclavado os sacos de náilon contendo as amostras (EZEQUIEL et al., 2002). Para este procedimento, foram colhidos 12 L de líquido ruminal para cada tratamento, em dois dias consecutivos. Os líquidos foram submetidos à autoclavagem (1 kgf cm^{-2} a 121 °C por 1 h) após a colheita. Foram pesados 10 sacos de náilon para cada tipo de farelo de girassol, contendo 5 g da amostra correspondente. Os sacos foram lavados em líquido ruminal autoclavado durante meia hora, sob agitação constante. Ao término deste tempo, o líquido ruminal foi substituído por novo líquido e os sacos lavados por mais 30 min. Ao fim do processo, os sacos foram lavados em água corrente para retirada do excesso de líquido ruminal, depois colocados em estufa com circulação e renovação de ar regulada a 55 °C por 72 h.

Os ingredientes e os resíduos foram moídos em moinho de facas a 1 mm. Após a moagem, foram realizadas as determinações dos teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta (N x 6,25) de acordo com a AOAC (1995). As fibras em detergente neutro e detergente ácido foram determinadas utilizando as soluções descritas por Van Soest e Wine (1967) e a digestão realizada em autoclave com controle de pressão e

temperatura ($0,5 \text{ kgf cm}^{-2}$ e 111 °C). As fibras dos farelos de girassol e dos resíduos não degradados foram corrigidas para a matéria mineral.

Para avaliação da degradação potencial das variáveis foi utilizado o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979), conforme equação 1.

$$p = a + b (1 - e^{-kdt})$$

Onde:

p: degradação potencial do componente nutritivo, em porcentagem;

a: fração solúvel, em porcentagem;

b: fração insolúvel potencialmente degradável, em porcentagem;

a + b: potencial de digestão do componente nutritivo;

kd: taxa de digestão por ação fermentativa, em porcentagem por hora;

t é o tempo de incubação, em horas.

Para determinação da degradabilidade efetiva foi utilizada a equação 2, proposta por McDonald (1981).

$$P = [a + (b \cdot kd)(kd + kp)^{-1}]$$

Onde:

P: degradabilidade efetiva, em porcentagem;

Kp: taxa de passagem das frações nutritivas a 5 % h^{-1} (AFRC, 1993)

As variáveis a, b e kd são as mesmas constantes da equação 1.

Foram colhidos 500 mL de conteúdo ruminal de cada animal nos tempos 0, 1, 2, 4, 6 e 8 horas após a alimentação, com o auxílio de bomba a vácuo. O conteúdo ruminal foi filtrado em tecido de náilon de 100 μm para separação das frações sólida e líquida. Imediatamente após a separação, uma alíquota de 100 mL da fração líquida foi reservada em béquer para medição do pH por peagâmetro digital de mesa. Para determinar as concentrações ruminiais de nitrogênio amoniacal foram pipetados 2 mL da fração líquida para destilação em aparelho tipo micro-Kjeldahl, utilizando-se 5 mL de KOH (2 mol L^{-1}). O destilado foi recebido em 10 mL de solução de ácido bórico 2 % até completar o volume de 50 mL e então titulado com HCl ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$) para determinação da concentração de nitrogênio amoniacal, segundo técnica adaptada por Vieira (1980).

Para análise da degradabilidade foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam às cinco concentrações de cal hidratada utilizadas na hidrólise (0, 15, 30, 45 e 60 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ de farelo de girassol) e os animais às repetições. Na análise do desaparecimento foi utilizado o delineamento

inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, com as cinco concentrações de cal hidratada correspondendo aos tratamentos (parcelas) os animais às repetições, e os tempos de permanência do material incubado no rúmen (3, 6, 12, 24, 48 e 72 h) às subparcelas.

Os valores de pH e das concentrações de nitrogênio amoniacal foram analisados em delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com as duas dietas (farelo de girassol sem hidrólise e com hidrólise) correspondendo aos tratamentos (parcelas), os animais às repetições, e os horários de colheita (0, 1, 2, 3, 4, 6 e 8 h) às subparcelas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre médias comparadas pelo teste Tukey através do procedimento GLM do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC) a 5 % de probabilidade.

Resultados e Discussão

A fração solúvel da matéria seca (MS) sofreu decréscimo significativo com o aumento da concentração de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, diminuindo 34,5 % para o FH60 em relação ao FG, além de uma menor taxa de degradação, resultando numa menor degradabilidade efetiva (Tabela 2). O principal componente da MS responsável por esta diferença foi a proteína bruta, cuja solubilidade diminuiu com a hidrólise, fato que pode ser explicado pela possível formação de complexos proteína-minerais (CARRÃO-PANIZZI e MANDARINO, 2005).

Os tratamentos com farelo de girassol hidrolisado apresentaram os menores valores da fração solúvel da proteína bruta, com decréscimo de 48,1 % no tratamento FH45 em relação ao FG, diminuindo a degradabilidade efetiva da proteína bruta (Tabela 2). No entanto, não houve diferenças na degradação potencial da proteína bruta, indicando que um posterior aproveitamento intestinal desta proteína não seria prejudicado.

Os valores de solubilidade da fibra em detergente neutro (FDN) aumentaram com o uso da hidrólise, e menores porcentagens de fração indegradável foram obtidas pelos tratamentos FH15 e FH60, que foram 14,7 e 18,2 % inferiores ao FG, respectivamente. As hidrólises com 15 ou 60 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$ obtiveram melhor degradação potencial da FDN, com um aumento significativo em relação ao controle. Os melhores valores obtidos pela hidrólise demonstraram que esse processo pode ser utilizado com vantagens

quanto ao aproveitamento da fibra, já que foi possível obter maiores degradabilidades, influenciadas pela diminuição na fração indegradável dos farelos hidrolisados (Tabela 2).

Em relação à degradabilidade da fibra em detergente ácido (FDA), a utilização da hidrólise não alterou significativamente os valores para fração indegradável, taxa de passagem e degradabilidade potencial. Com exceção do FH60, os demais farelos hidrolisados tenderam a maiores valores de degradabilidade efetiva da FDN, influenciados principalmente pelas frações solúvel e insolúvel/potencialmente degradável desses tratamentos.

Pelos dados apresentados, a hidrólise com 15 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ kg}^{-1}$ de farelo de girassol é a mais recomendada, pois foi o menor teor de hidróxido de cálcio aplicado no qual houve diminuição da fração indegradável da FDN e aumento da degradabilidade potencial da FDN em relação ao farelo não hidrolisado. A partir da observação dos dados obtidos, seria possível sugerir que o tratamento do FG com 15 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ seria suficiente para aumentar em 20 % as degradabilidades efetiva e potencial da FDN.

O tratamento do farelo de girassol com cal hidratada não influenciou significativamente os valores de pH ruminal (Tabela 3), que após a primeira hora de coleta permaneceram dentro dos limites de 6,2 a 6,8 para crescimento e ação das bactérias celulolíticas, ou seja apesar de ser um produto alcalino, o uso de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ não elevou os valores de pH. Também não houve diferença entre tratamentos para as concentrações de nitrogênio amoniacal (Tabela 3). Para o tratamento com farelo hidrolisado houve aumento brusco na concentração de N-NH_3 após 1h do arraçoamento, observando-se valor de 16 mg 100mL^{-1} , o que correspondeu ao acréscimo de 100 % em relação ao tempo 0 h. A ocorrência deste pico também foi observada por Galati et al. (2002) em dietas contendo farelo de girassol sem hidrólise.

Nos dois tratamentos as concentrações de N-NH_3 após 6 h do arraçoamento estavam abaixo dos 5 mg de $\text{N-NH}_3 100 \text{ mL}^{-1}$ necessários para proporcionar crescimento microbiano, e abaixo dos 20 mg de $\text{N-NH}_3 100 \text{ mL}^{-1}$ recomendados como melhor concentração para degradação da fibra (PRESTON, 1986). Assim, a ausência de efeitos pronunciados na degradação da fibra após a hidrólise, pode ser devido à complexidade estrutural da fibra e à baixa concentração de N-NH_3 .

Os resultados foram condizentes com os obtidos por Arroyo et al. (2013), que não encontraram diferenças significativas entre os valores de pH e amônia ruminal quando o farelo de girassol foi tratado quimicamente.

Os desaparecimentos da MS do FG, FH15 e FH45 atingiram seu potencial máximo de degradação após 12 h de permanência no rúmen (Tabela 4). Para o FH30 e FH60 esse potencial só é ultrapassado após 24 h de permanência. A obtenção do potencial máximo de degradação em pouco tempo é devido à contribuição proteica dos farelos que independente da hidrólise apresentaram fração solúvel e taxas de degradação elevadas.

Independente dos tratamentos, não houve diferença significativa no desaparecimento da MS após 48 h de permanência no rúmen. Observou-se que a hidrólise diminuiu a velocidade de desaparecimento da PB, o que pode ser uma estratégia nutricional nas formulações, pois a fração não degradável no rúmen incrementará as proteínas de origem microbiana e dietética que chegarão aos intestinos.

O aumento da concentração de Ca(OH)_2 ocasionou maior desaparecimento da FDN, indicando vantagens do uso da cal hidratada na degradação da fibra, apresentando-se mais favorável a utilização de 15 g de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ kg}^{-1}$ do farelo, pois o desaparecimento da fibra respondeu positivamente a essa concentração.

Conclusões

Os valores de pH ruminal não foram influenciados pela hidrólise mantendo-se na faixa ideal para promover a degradação da fibra. As concentrações de nitrogênio amoniacal estiveram abaixo do valor ótimo para degradação da fibra, o que pode ter impedido evidenciar melhor o efeito da hidrólise do farelo de girassol.

A hidrólise possibilitou o aumento da fração potencialmente degradável e as degradabilidades da fibra em detergente neutro sem prejudicar o aproveitamento proteico do farelo de girassol no ambiente ruminal.

A utilização de 15 g de Ca(OH)_2 por kg de farelo de girassol seria suficiente para melhorar a degradação da fibra em detergente neutro desse ingrediente.

Referências

AFRC - AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Cab International, 1993. 159 p.

AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025 p.

ARROYO, J. M.; GONZÁLEZ, J.; OUARTI, M.; SILVÁN, J. M.; RUIZ DEL CASTILLO, M. L.; DE LA PEÑA MORENO, F. Malic acid or orthophosphoric acid-heat treatments for protecting sunflower (*Helianthus annuus*) meal proteins against ruminal degradation and increasing intestinal amino acid supply. **Animal**, v. 7, n. 2, p. 223-231, 2013.

CAMPOS, A. F.; FAVARO, V. R.; EZEQUIEL, J. M. B.; GALATI, R. L.; CARVALHO, M. A. G. Digestibilidade total de dietas contendo farelo de girassol hidrolisado com diferentes concentrações de hidróxido de cálcio. **Pubvet**, v. 2, n. 39, 2008.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. Produtos proteicos do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa, 2005. p. 51-68.

EZEQUIEL, J. M. B.; BERTOSI, L. S.; GALATI, R. L.; NOGUEIRA, K. A. Solubilidade da matéria seca e proteína em diferentes solventes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Production of Top 5 producers of cattle meat in 2012**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QL/E>>. Acesso em: 15 de setembro de 2014.

GALATI, R. L.; EZEQUIEL, J. M. B.; MENDES, A. R.; BOCCHI, A. L.; PEREIRA, E. M. O.; FEITOSA, J. V.; CATTELAN, J. W. Influência de diferentes fontes energéticas sobre os valores de pH e concentrações ruminais de nitrogênio amoniacal no rúmen e no intestino. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

- GALATI, R. L. **Co-produtos do milho, soja e girassol para bovinos de corte**. Jaboticabal: UNESP, 2004. 168 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- HABIB, G.; KHAN, N. A.; ALI, M.; BEZABIH, M. *In situ* ruminal crude protein degradability of by-products from cereals, oilseeds and animal origin. **Livestock Science**, v. 153, n. 1, p. 81-87, 2013.
- JACKSON, M. G. Review article: The alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 105-130, 1977.
- LOMASCOLO, A.; UZAN-BOUKHRIS, E.; SIGOILLOT, J. C.; FINE, F. Rapeseed and sunflower meal: a review on biotechnology status and challenges. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 95, n. 5, p. 1105-1114, 2012.
- MARGHAZANI, I. B.; JABBAR, M. A.; PASHA, T. N.; ABDULLAH, M. Ruminal degradability characteristics in vegetable protein sources of Pakistan. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 23, n. 6, p. 1578-1582, 2013.
- MCDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **The Journal of Agricultural Science**, v. 96, n. 1, p. 251-252, 1981.
- ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agricultural Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.
- PRESTON, T. R. **Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines 2. A practical manual for research workers**. FAO Animal Production and Health Paper, v. 50, n. 2, 1986.
- TEIXEIRA, J. C.; HUBER, J. T. , WANDERLEY, R. C. Uso da técnica de saco de náilon móvel para estimar digestibilidade pós-ruminal em vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 18, n. 4, p. 285-294, 1989.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. IV. Determinations of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association Official Analytical Chemists**, v. 50, n. 1, p. 50-55, 1967.
- VIEIRA, P. F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. Viçosa: UFV, 1980. 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

Tabela 1 - Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais, em porcentagem da matéria seca (% MS) (LIGAP¹, Jaboticabal/SP, 2006).

Ingredientes (% MS)	Dietas ²	
	FG	FH
Silagem de milho	70,0	70,0
Polpa de citros	14,2	14,2
Farelo de girassol	15,0	-
Farelo de girassol hidrolisado	-	15,0
Suplemento mineral ³	0,8	0,8
Total	100	100
<i>Composição bromatológica ⁴ (% MS)</i>		
MO	93,9	93,6
PB	12,3	12,7
FDN	57,0	58,8
FDA	37,2	38,8

¹Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal/SP.

²Dietas experimentais contendo farelo de girassol sem hidrólise (FG) ou farelo de girassol hidrolisado com 30 g de Ca(OH)₂ por kg do farelo (FH).

³Níveis por kg do produto: cálcio, 60 g; fósforo, 45 g; enxofre, 4,12 g; sódio, 152 g; cobalto, 39 g; cobre, 1.050 mg; ferro, 1.300 mg; iodo, 50,25 mg; manganês, 1.000 mg; selênio, 9 mg; zinco, 2.520 mg; flúor, 450 mg.

⁴MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido (LIGAP, Jaboticabal/SP).

Tabela 2 - Frações solúvel (a), insolúvel e potencialmente degradável (b) e indegradável (c), taxa de degradação (kd) e degradabilidades potencial (DP) e efetiva (DE) para a matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, dos farelos de girassol com ou sem hidrólise (LIGAP¹, Jaboticabal/SP, 2006).

	Frações (%)			kd (% h ⁻¹) ³	Degradabilidades (%)	
	a	b	c		DP	DE ⁴
<i>Matéria seca</i>						
FG	40,0 a	33,2 d	26,8 a	7,9 a	73,1 a	60,3 a
FH15	33,4 c	39,8 c	26,8 a	7,4 ab	72,9 a	57,1 b
FH30	34,5 b	37,9 c	27,6 a	7,4 ab	72,2 a	57,1 b
FH45	29,5 d	44,3 b	26,2 a	7,5 ab	73,5 a	55,9 bc
FH60	26,2 e	49,1 a	24,7 a	6,0 b	74,7 a	53,1 c
CV (%)	-	3,9	6,1	10,9	2,2	2,5
<i>Proteína bruta</i>						
FG	62,8 a	33,3 e	3,9 a	10,4 a	96,0 a	85,1 a
FH15	46,7 d	48,7 b	4,6 a	11,8 a	95,3 a	80,5 a
FH30	54,9 b	41,5 d	3,5 a	7,9 a	96,1 a	79,9 ab
FH45	32,6 e	62,7 a	4,7 a	10,5 a	95,2 a	74,6 b
FH60	51,2 c	44,6 c	4,2 a	9,6 a	95,7 a	80,5 a
CV (%)	-	2,4	26,4	24,7	1,0	3,0
<i>Fibra em detergente neutro</i>						
FG	0,0 e	40,8 ab	59,3 a	8,1 a	40,5 b	24,9 b
FH15	6,5 b	42,9 ab	50,6 b	6,3 a	48,9 a	30,3 ab
FH30	6,4 c	41,1 ab	52,5 ab	6,9 a	47,2 ab	30,3 ab
FH45	9,3 a	37,9 b	52,7 ab	7,1 a	46,7 ab	30,8 a
FH60	3,6 d	47,9 a	48,5 b	4,7 a	49,5 a	26,5 ab
CV (%)	-	8,1	6,5	25,9	7,4	8,8
<i>Fibra em detergente ácido</i>						
FG	21,5 c	28,2 b	50,3 a	4,5 a	46,9 a	33,7 ab
FH15	19,0 d	36,0 ab	45,0 a	7,0 a	54,2 a	39,4 ab
FH30	27,0 a	28,5 b	44,5 a	4,5 a	54,3 a	40,6 ab
FH45	25,0 b	31,6 b	43,4 a	9,0 a	55,3 a	42,6 a
FH60	10,6 e	43,3 a	46,7 a	5,4 a	52,3 a	32,8 b
CV (%)	-	13,6	9,9	67,3	8,6	11,5

*Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹ Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal/SP.

² FG: farelo de girassol sem hidrólise; FH15: hidrólise com 15 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol; FH30: hidrólise com 30 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol; FH45: hidrólise com 45 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol; FH60: hidrólise com 60 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol.

³ kp = taxa de passagem das frações nutritivas a 5 % h⁻¹.

⁴ Degradabilidade efetiva a 5 % h⁻¹.

Tabela 3 - Valores ruminiais de pH e concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃ em mg 100 mL⁻¹) em diferentes tempos de colheita (em horas) após arraçoamento (LIGAP¹, Jaboticabal/SP, 2006).

Tratamentos ²	Tempo de colheita (h)							CV (%)
	0	1	2	3	4	6	8	
pH ruminal								
FG	7,0 a	6,5 a	6,5 a	6,5 a	6,6 a	6,7 a	6,8 a	1,5
FH	7,1 a	6,5 a	6,4 a	6,4 a	6,5 a	6,6 a	6,8 a	3,7
Nitrogênio amoniacal								
FG	10,5 a	14,1 a	11,3 a	9,0 a	7,0 a	4,6 a	5,8 a	37,4
FH	8,0 a	16,0 a	15,2 a	10,3 a	8,2 a	4,5 a	4,3 a	24,4

*Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si no teste de Tukey (P<0,05).

¹Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal/SP.

²Dietas à base de 70 % de silagem de milho, 14,2 % de polpa de citros e 0,8 % de suplemento mineral, contendo farelo de girassol sem hidrólise (FG) ou farelo de girassol hidrolisado com 30 g de Ca(OH)₂ kg⁻¹ de farelo de girassol (FH).

Tabela 4 - Desaparecimento da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, por tempo de permanência no rúmen para os farelos de girassol com ou sem hidrólise (LIGAP¹, Jaboticabal/SP, 2006).

Tratamentos ²	Tempo de incubação (h)					
	3	6	12	24	48	72
<i>Matéria seca</i>						
FG	48,6 a	57,9 a	65,6 a	70,0 a	72,6 a	73,2 a
FH15	43,8 ab	53,9 b	63,0 a	69,2 ab	72,2 a	73,2 a
FH30	39,0 b	47,7 bc	56,3 c	65,9 b	71,2 a	72,4 a
FH45	37,4 bc	47,4 bc	59,0 bc	68,4 ab	72,5 a	73,8 a
FH60	31,7 c	41,2 c	54,3 c	67,5 ab	72,3 a	75,3 a
CV%	10,4	7,6	3,7	2,5	2,4	2,2
<i>Proteína bruta</i>						
FG	71,8 a	84,6 a	91,3 a	94,8 a	95,9 a	96,1 a
FH15	62,7 a	76,2 b	88,6 a	94,0 ab	95,1 a	95,4 a
FH30	59,4 a	69,3 bc	78,8 b	88,7 c	94,9 a	96,5 a
FH45	43,9 b	61,7 c	77,9 b	90,9 b	94,7 a	95,3 a
FH60	40,1 b	53,2 d	70,1 c	89,9 bc	94,9 a	95,8 a
CV%	11,7	5,5	3,3	1,6	0,7	1,2
<i>Fibra em detergente neutro</i>						
FG	10,2 a	18,5 a	26,1 ab	34,4 b	39,8 a	40,8 b
FH15	16,0 a	23,3 a	33,8 a	42,1 a	47,3 a	49,4 a
FH30	9,4 a	16,2 a	24,2 b	38,5 ab	45,7 a	47,6 ab
FH45	9,1 a	16,0 a	26,5 ab	38,6 ab	44,8 a	47,3 a
FH60	3,7 a	12,5 a	24,8 ab	39,9 ab	45,3 a	51,5 a
CV%	63,1	31,6	15,8	8,4	7,7	7,2
<i>Fibra em detergente ácido</i>						
FG	24,2 ab	30,7 ab	37,3 ab	41,9 a	46,2 a	49,7 a
FH15	31,6 a	36,1 a	42,3 a	48,1 a	53,4 a	55,0 a
FH30	24,5 ab	28,7 a	40,4 ab	46,2 a	51,7 a	55,5 a
FH45	19,2 ab	31,3 a	41,7 a	48,9 a	53,5 a	56,6 a
FH60	7,6 b	15,8 b	28,9 b	45,4 a	48,0 a	53,8 a
CV%	44,6	18,9	15,1	10,1	10,9	8,4

*Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si no teste de Tukey (P<0,05).

¹Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Jaboticabal/SP.

² FG: farelo de girassol sem hidrólise; FH15: hidrólise com 15 g de Ca(OH)₂/kg de farelo de girassol; FH30: hidrólise com 30 g de Ca(OH)₂/kg de farelo de girassol; FH45: hidrólise com 45 g de Ca(OH)₂/kg de farelo de girassol; FH60: hidrólise com 60 g de Ca(OH)₂/kg de farelo de girassol.

Febre Aftosa: ocorrência de nódulo pós-vacinal segundo via de aplicação da vacina¹

Daniela Cristina Pereira Lima², Andréia da Silva Costa², Marcos Daniel de Sousa Ferreira²,

João Mendes Frazão Sobrinho³

Resumo - O experimento foi conduzido para verificar a influência da via de aplicação sobre a ocorrência de nódulo após a vacina contra a febre aftosa. As vacinações foram acompanhadas em seis propriedades leiteiras localizadas nos municípios de Teresina e União, estado do Piauí, e Timon, estado do Maranhão, no período de maio a junho de 2007. Acompanhou-se um total de 189 bovinos. Os animais foram submetidos a duas vias de aplicação da vacina, sendo que 85 receberam a vacina pela via intramuscular, sendo 14 jovens e 71 adultos. Nos 104 restantes utilizou-se como via de inoculação a via subcutânea, dos quais 34 eram jovens e 70 adultos. Constatou-se que os animais submetidos à aplicação da vacina pela via subcutânea manifestaram maior reação pós-vacinal do que os animais sujeitos à via intramuscular, com predominância nos adultos.

Palavras-chave: Vírus. Reação vacinal. Inoculação.

Foot and mouth disease: occurrence of nodule after application vaccine of according with the route

Abstract- The experiment was conducted to determine the influence of application route on the occurrence of nodule after the vaccine against foot and mouth disease. The vaccinations were accompanied in six dairy farms in the towns of União and Teresina, state of Piauí, and Timon, state of Maranhão, in the period between May and June of 2007. A total of 189 cattle were accompanied. The animals were subjected to two routes of administration of the vaccine, with 85 receiving the vaccine by intramuscular route, being 14 young and 71 adults. The remaining 104 received the vaccine by subcutaneous route, being 34 young and 70 adults. It was found that the animals subjected to the application of the vaccine by subcutaneous route showed greater reaction after the vaccine than the animals subjected to intramuscular, predominantly in adults.

Key words: Virus. Vaccine reaction. Inoculation.

¹ Manuscrito submetido em 01/02/2013 e aceito para publicação em 15/10/2014.

² Estudantes do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Campus Universitário Socopo. CEP 64049-550, Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: danicrisvet@hotmail.com.

³ Médico Veterinário, Instituto Federal do Piauí, IFPI, Uruçui
Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 156-161, 2014.

Introdução

A febre aftosa está classificada na Lista A do Código Sanitário Internacional, como reflexo da alta transmissibilidade e resistência do agente patogênico. A doença provoca um grande impacto para o segmento agropecuário, haja vista os prejuízos econômicos causados, sobretudo pela queda de produtividade do rebanho afetado, desvalorização dos animais provenientes da área contaminada e de seus produtos, interdição de propriedades e do trânsito de animais, além de restrições sanitárias impostas pelo mercado internacional (SAMARA, et al., 2004; BRASIL, 2005; PATON et al., 2005; USDA, 2007).

No Brasil, a vacinação contra febre aftosa é praticada em todos os estados e no Distrito Federal, com exceção de Santa Catarina, considerado, desde 2007, pela Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), como livre de febre aftosa sem vacinação.

Para o combate à doença, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento conta com o Programa Nacional de Erradicação e Prevenção contra a Febre Aftosa (PNEFA). O programa tem como objetivos a erradicação da febre aftosa em todo o Território Nacional e a sustentação dessa condição sanitária por meio da implantação e implementação de um sistema de vigilância sanitária apoiado na manutenção das estruturas do serviço veterinário oficial e na participação da comunidade (BRASIL, 2006).

A vacinação sistemática é obrigatória somente para bovinos e bubalinos, segue o calendário oficial de cada estado ou região e possui papel fundamental na erradicação e prevenção da doença. Os bovinos somente devem ser vacinados a partir dos quatro meses de idade, devido à suposição de que bezerros menores de quatro meses de idade podem possuir anticorpos colostrais que interfeririam na imunização por vacinação (MELLO et al., 1989). Outras espécies susceptíveis não são vacinadas regularmente. Somente o serviço oficial determina quando uma situação de emergência sanitária justifica a vacinação em outras espécies (BRASIL, 2006).

No Brasil, é permitida apenas a produção e a utilização de vacina inativada, trivalente, formulada com as cepas virais A24 Cruzeiro, O1 Campos e C3 Indaial, empregando-se vacina oleosa (BRASIL, 2006), a qual pode ser aplicada por via intramuscular ou subcutânea (BRASIL, 2005). Caso ocorram novos surtos, provas sorológicas dos isolados deverão ser feitas com o intuito de verificar se as vacinas utilizadas estão

coabrindo todos os sorotipos circulantes (FLORES, 2008).

No entanto, às vezes, as vacinas podem provocar reações indesejáveis, das quais o edema ou nódulo no local de aplicação é o mais comum. Essas reações são uma das principais reclamações dos criadores (ARTECHE et al., 1975), um dos principais motivos de resistência dos produtores de adesão ao Programa Nacional Contra a Febre Aftosa no país e provavelmente o maior responsável pela depreciação do couro e eliminação de grandes porções de carne no matadouro (PELLEGRINI et al., 1999). Essas reações são consequências principalmente dos tipos de vacinas e dos adjuvantes empregados, tais como a emulsão primária de óleo mineral (MCKERCHE, 1986).

Considerando-se a importância da vacinação no controle e erradicação da febre aftosa e as constantes reclamações e resistência de adesão dos produtores aos programas de vacinação, devido às reações pós-vacinais nos locais de inoculação da vacina, objetivou-se com este trabalho verificar a influência da via de aplicação intramuscular e subcutânea sobre a ocorrência de nódulo após a vacina antiaftosa.

Material e métodos

O presente estudo foi realizado entre maio e junho de 2007, em seis propriedades de gado de leite. As propriedades estavam localizadas nos municípios de Teresina e União, estado do Piauí, e Timon, estado do Maranhão (Tabela 1).

Os 189 animais utilizados neste experimento são resultantes do cruzamento entre zebu e holandês. Estes foram divididos em dois grupos segundo a via de aplicação da vacina: intramuscular (agulha de calibre de 20 x 8) ou subcutânea (agulha de calibre 10 x 15) (Tabela 2). A administração da vacina era realizada na tábua do pescoço, do lado direito, exceto quando havia presença de nódulos oriundos de vacinações passadas, sendo escolhido então o lado esquerdo. E, nos casos de ambos os lados apresentarem presença de nódulos, optava-se pelo que apresentava menor quantidade e quantificava-se. Todos os dados (nome da propriedade, nome do proprietário, data da vacinação, marcação, nome do animal, característica de pelagem ou brinco) eram anotados em uma planilha.

A administração da vacina foi realizada pelos proprietários e funcionários da propriedade com

orientação sobre a via de aplicação a ser utilizada.

Em nenhuma propriedade observou-se desinfecção no local de aplicação da vacina (tábua do pescoço).

A contenção dos animais adultos e jovens era realizada com a utilização da peia/formiga e manualmente, respectivamente.

A leitura das reações vacinais era realizada 20 dias após a vacinação contra a febre aftosa. A presença ou ausência de nódulo vacinal foi avaliada por palpação, conforme dados coletados no dia da aplicação da vacina, tais como escolha do lado, pré-existência de nódulos e característica do animal.

Para análise estatística, utilizaram-se os testes qui-quadrado e o teste exato de Fisher.

Resultados e Discussão

Ao comparar as vias de aplicação da vacina, foi encontrada associação significativa ($p < 0,05$) entre as vias de aplicação intramuscular e subcutânea e a ocorrência de nódulo pós-vacinal (Figura 1).

Os criadores apresentam resistência à aplicação da vacina contra a febre aftosa, por via intramuscular, pois a relacionam com a maior ocorrência de nódulos pós-vacinal no local de inoculação da vacina. No entanto, constatou-se que os animais submetidos à aplicação da vacina pela via subcutânea manifestaram maior reação pós-vacinal do que os animais sujeitos à via intramuscular (Figura 2).

Conforme HALSEY e STETLER (1983), os fatores associados às taxas de incidência de reações locais às vacinas podem ser ligados à vacina propriamente dita, aos indivíduos vacinados e à forma de administração da vacina. Além disso, o método pelo qual se toma conhecimento das reações poderá influenciar as taxas observadas, sendo a busca ativa das informações, através de exame físico dos vacinados, o mais indicado.

O óleo mineral, que está presente nas vacinas contra a febre aftosa, é provavelmente o principal catalisador na formação de abscessos, sendo assim o maior responsável pela depreciação e eliminação de grandes porções de carne no frigorífico (MORO et al., 2001; AMORIM et al., 2009). Além disso, a vacina oleosa é de difícil absorção pelo organismo, de forma que a aplicação pela via subcutânea é mais favorável ao aparecimento de nódulo pós-vacinal, pelo fato do tecido subcutâneo ser menos vascularizado

quando comparado ao tecido muscular (CARON et al., 2012).

De acordo com o Teste Exato de Fisher ($p < 0,0001$), existe associação entre ocorrência de nódulo pós-vacinal e faixa etária. Verificou-se que animais adultos são mais sujeitos à reação que os jovens (Figura 3). Esse resultado corrobora os achados de Veran (2000) e do Ministerio de Agricultura y Pesca (1978) que verificaram que a reação pós-vacinal na espécie bovina é mais frequente em bovinos que receberam mais de uma dose de vacina antifebre aftosa.

Observa-se que a contenção dos animais jovens é mais branda quando comparada com a dos adultos. Esse fato é importante, pois a contenção inadequada pode contribuir para o aparecimento de reações pós-vacinais, tendo em vista a agitação dos animais durante a aplicação da vacina, seja pela via intramuscular ou subcutânea. Após a inoculação da vacina, muitos animais estressados e na tentativa de se livrarem desse incômodo realizam movimentos bruscos com o pescoço contra cercas ou qualquer outra estrutura fixa, de forma a comprimir e contribuir para a invasão de microrganismos no local onde foi aplicada a vacina, contribuindo assim com o aparecimento do nódulo pós-vacinal.

De acordo com Veran (2000), ao analisar a ocorrência reação pós-vacinal, na espécie bovina por raças, constatou que as raças leiteiras apresentavam reações mais evidentes se comparadas com as de corte, destacando dentre as raças leiteiras mais acometidas a holandesa, a mista e a jersey. Tal constatação pode estar relacionada aos tipos de criação, manejo e exploração adotados pelos produtores, em que os animais leiteiros são diariamente manejados, estando assim em constante observação pelos proprietários, com qualquer anormalidade imediatamente identificada. Essa situação não é a mesma em relação aos bovinos de corte, que depois de vacinados são devolvidos às pastagens, sem manejo diário, não havendo, portanto, o controle pós-vacinal, de modo que as reações passam despercebidas (VERAN, 2000).

Conclusões

Existe associação entre as vias de aplicação intramuscular e subcutânea e a ocorrência de nódulo após a vacinação antifebre aftosa.

Os animais vacinados pela via subcutânea apresentaram maior ocorrência de nódulo pós-

vacinal que os animais vacinados pela via intramuscular, com predominância nos adultos.

Agradecimentos

Ao Professor Nicodemos Alves de Macedo (in memoriam), à Agência de Defesa Agropecuária do Piauí (ADAPI) e aos proprietários das fazendas leiteiras.

Referências

AMORIM, E. P.; BASSANI, C. A.; PROHMANN, P. E. et al. Reações vacinais e suas perdas econômicas em bovinos abatidos em um frigorífico de Campo Mourão - PR. In: CONGRESSO CIENTÍFICO DA REGIÃO CENTRO-OCIDENTAL DO PARANÁ, 3., 2009, Campo Mourão, PR. **Anais...** Campo Mourão, 2009.

ARTECHE, E. A.; BRUNETI, À. V.; JUST, A. et al. **Avaliação da campanha de combate à febre aftosa em Santa Catarina 1971 a 1974.** Florianópolis: Ministério da Agricultura, 1975.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Proposta de zona livre de febre aftosa com vacinação** : região centro-sul do Estado do Pará. Secretária de Defesa Agropecuária. 2006. Disponível em: www.agricultura.gov.br/.../PUBLICACOES_DO_U_2006/PUBLICACOES_DOU_FEVEREIRO_2006/DO1_2006_02_13-MAPA_MAPA.PDF. Acesso em: 21 jun. 2007.

_____. Tribunal de Contas da União. **Relatório de avaliação de programa:** Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa. Secretaria de Fiscalização. Avaliação de Programas de Governo. p.1940. 2005. Disponível em: <http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2058962.PDF>. Acesso em: 28 jul. 2007.

CARON, L.; LOYOLA, W.; MORÉS, N. Vacinação na suinocultura. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE SUINOCULTURA, 5., 2012, Chapecó. **Anais...** Chapecó, 2012. p.161-175.

FLORES, E. F. **Virologia veterinária.** Santa Maria: UFSM, 2008.

HALSEY, N. A.; STELLER, H. C. Reacciones adversas a las vacunas incluidas en los proyectos del Programa Ampliado de Inmunización. In: *Pesq. Agrop. Gaúcha*, v. 20, ns.1/2, p. 156-161, 2014.

_____. ; Quadros, C. A. de. **Avances recientes en inmunización:** una revisión bibliográfica. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud, 1983. p. 93-105.

MCKERCHE, P. D. Oil adjuvants: their use veterinary biologics. In: NERVING, R. M. ; GOUGH, P. M. **Advances in carriers and adjuvants for veterinary biologics.** Ames: The Iowa State University Press, 1986. p. 115-119.

MELLO, P. A.; GOMES, I.; BAHNERMANN, H. G. La vacunación de bovinos jóvenes com uma vacina anti-aftosa adjuvante oleoso. **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, n. 55, p. 3-8, 1989.

MORO, E.; JUNQUEIRA, J. O. B.; OSSAMURO, U. Levantamento da incidência de reações vacinais e/ou medicamentosas em carcaças de bovinos ao abate em frigoríficos no Brasil. **A Hora Veterinária**, n. 123, p. 55-57, 2001.

PATON, D. J.; VALARCHER, J. F.; BERGMANN, I. et al. Selection of foot-and-mouth disease vaccine strains: review. **Revue Scientifique et Technique / Office international des Épizooties**, v. 24, n. 3, p. 981-93, 2005. Disponível em: www.oie.int/downld/imprimeur/pdfs%20review24-3/Paton981-994.pdf. Acesso em: 02 jun. 2007.

PELLEGRINI, V. L.; NEVES, J. P.; OLIVO, C. J. et al. Reações pós-vacinais após a utilização da vacina oleosa contra a febre aftosa pelas vias intramuscular (im) e isquiorretal (ir). **A Hora Veterinária**, v. 18, n. 108, p. 67-72, 1999.

SAMARA, S. I.; BUZINARO, M. G.; APARECIDA, A. et al. Implicações técnicas da vacinação na resposta imune contra o vírus da febre aftosa. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, n. 6, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bjvras/v41n6/25244.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Animal and Plant Health Inspection Service. Safeguarding American Agriculture. **Foot-and-mouth disease vaccine.** 2007. Disponível em: www.aphis.usda.gov/Ipa/pubs/fsheet_faq_notice/fs_ahfmdvac.pdf. Acesso em: 24 jun. 2007.

URUGUAY. Ministerio de Agricultura y Pesca. **Dirección de lucha contra la fiebre Aftosa:** análisis de la epidemiología descriptiva en Uruguay, cambio de estrategia. Montevideo, 1978.

VERAN E. H. **Estudo de choque anafilático provocado pela aplicação de vacina contra a**

febre aftosa na espécie bovina em Santa Catarina no período de 1991 a 1998. 2000. Monografia (Especialização em Sanidade Animal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2000. Disponível em: <http://www.crmvsc.org.br/print.asp?id=361>. pdf. Acesso em: 28 jul. 2007.

Tabela 1 - Total de propriedades visitadas por município.

Município	Total de	Número de	Números de	Total
Teresina	03	51	28	79
União	02	54	20	74
Timon	01	36	0	36
Total	05	141	48	189

Tabela 2 – Total de animais conforme via de aplicação da vacina.

Animais	Intramuscular	Subcutânea	Total
Adultos	65	76	141
Jovens	20	28	48
Total	85	104	189

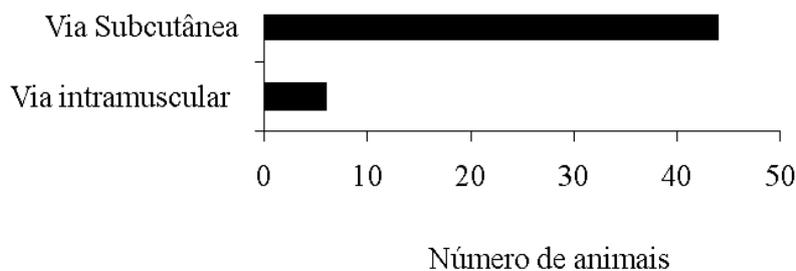


Figura 1 - Ocorrência de nódulo pós-vacinal em bovinos leiteiros, com base na via de aplicação da vacina antifebre aftosa, no período de maio a junho de 2007.

$X^2_c = 9,85$, $X^2_t = 3,84$

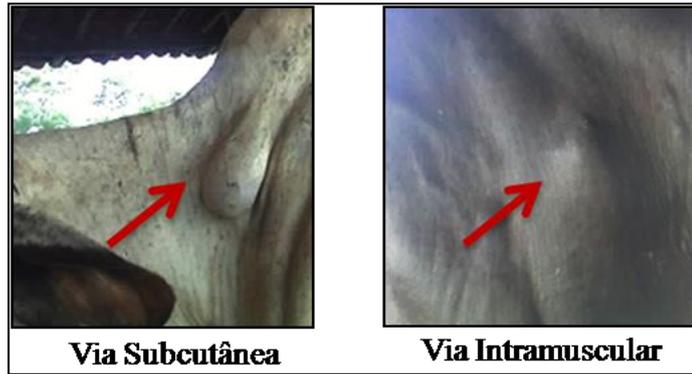


Figura 2 - Nódulo pós-vacinal em bovinos leiteiros, com base na via de aplicação da vacina antifebre aftosa, no período de maio a junho de 2007.

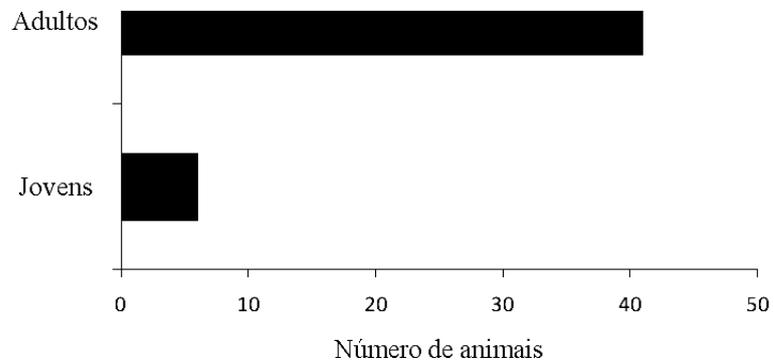


Figura 3 - Ocorrência de nódulo após vacina antifebre aftosa em bovinos leiteiros, com base na faixa etária, no período de maio a junho de 2007.

**Primeiro registro de *Aclerda takahashii* (Coccoidea; Acleridae) no
Rio Grande do Sul, Brasil ¹**

Caroline de Brito Oliz², Vera Regina dos Santos Wolff³

Resumo - O estudo com cochonilhas associadas à cana-de-açúcar foi realizado no Laboratório de Entomologia da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro), sede Porto Alegre/RS. O objetivo do trabalho é registrar uma nova ocorrência de cochonilha no Estado, atualizando a Coleção de insetos do Museu Ramiro Gomes Costa (MRGC) da Fepagro. Os caracteres morfológicos foram estudados com as fêmeas adultas através de lâminas permanentes, bibliografia para as famílias e a espécie. Foram examinadas onze lâminas de coleta recente e resultou em *Aclerda takahashii* (Coccoidea; Acleridae), uma nova ocorrência para o Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Cochonilhas. Caracteres morfológicos. Cana-de-açúcar. Praga de planta.

**First record of *Aclerda takahashii* (Coccoidea; Acleridae) in
Rio Grande do Sul, Brazil**

Abstract - The study of scale insects associated with sugarcane was conducted at the Laboratory of Entomology of the State Foundation for Agricultural Research (Fepagro) headquarters Porto Alegre/RS. The objective is to record a new occurrence in the State, updating the Collection of the Museum of insects Ramiro Gomes Costa (MRGC) of Fepagro. Morphological characters were studied in adult females through permanent slides, references to families and species. Eleven slides of recent collection were examined and resulted in *Aclerda takahashii* (Coccoidea; Acleridae), a new record for the Rio Grande do Sul.

Key words: Scale insects. Morphological characters. Sugarcane. Plant plague.

¹ Manuscrito submetido em 14/10/2014 e aceito para publicação em 05/12/2014.

² Graduanda em Ciências Biológicas, licenciatura, na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), bolsista Programa de Educação Tutorial em Biologia (Pet Bio PUCRS). E-mail: carol.oliz7@gmail.com

³ Bióloga, Doutora em Biociências, Laboratório e Museu de Entomologia da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - Fepagro. E-mail: vera-wolff@fepagro.rs.gov.br
Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 162-167, 2014.

Introdução

O estudo faz parte do projeto Biossistemática de Coccoidea (Hemiptera, Sternorrhyncha), Taxonomia de insetos de importância agrícola, desenvolvido no Laboratório e Museu de Entomologia Ramiro Gomes Costa (MRGC), da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro) em Porto Alegre/RS. Teve como objetivo revisar as lâminas permanentes que ainda não haviam sido identificadas da coleção de Coccoidea.

A Coleção de Coccoidea é composta por cerca de 2300 lâminas permanentes distribuídas, até o momento, entre as famílias Asterolecaniidae, Beesoniidae, Coccidae, Diaspididae, Eriococcidae, Kerriidae, Lecanodiaspididae, Margarodidae, Monophlebidae, Ortheziidae, Phoenicococcidae, Pseudococcidae e Stigmatococcidae.

A família Acleridae Teague tem como principais caracteres morfológicos da fêmea adulta a margem crenulada e placa anal inteira, sendo estas encontradas em todas as espécies do grupo. A grande maioria das espécies da família possui fenda anal pouco profunda, sem pernas e antena com apenas um segmento vestigial, há exceções em que algumas espécies não apresentam alguma dessas características e ou nenhuma delas. (COSTA LIMA, 1942; BAPTISTA et al., 2007).

Acleridae é representada por 59 espécies ocorrentes principalmente nas regiões Neártica, Paleártica e Neotropical, distribuídas em cinco gêneros, sendo que o gênero *Aclerda* Teague abrange 50 espécies, das quais treze ocorrem na região Neotropical (BEN-DOV et al., 2014; GRANARA DE WILLINK, 2004). Os principais hospedeiros de Acleridae são gramíneas (Poaceae) (GRANARA DE WILLINK, 2004).

No Brasil temos o registro de três espécies: *Aclerda takahashii* Kuwana, que ocorre em Pernambuco, Alagoas, Distrito Federal, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, e tem como hospedeiros *Bambusa* sp. Schreber, *Saccharum* sp. Linnaeus, *Saccharum officinarum* Linnaeus (Poaceae); *Aclerda santensis* Hempel, em São Paulo, ocorre em *Bambusa* sp. e outras Poaceae e; *Aclerda laeliae* McConnell em *Laelia-cattleya martinetti* Williams & Beer (Orchidaceae) (SILVA et al., 1968; SINAVEF, 2010; CULIK et al., 2011; BEN-DOV et al., 2014; MISSOURI BOTANICAL GARDEN - MBG, 2014).

Aclerda takahashii também ocorre em *Agropyron* sp. Gaertner, *Agropyron intermedium* Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 20, ns.1/2, p. 162-167, 2014.

Palisot de Beauvois, *Brachypodium ramosum* Roemer & Schultes, *Milium* sp. Linnaeus, *Miscanthus* sp. Andersson, *Saccharum arundinaceum* Retzius, *Saccharum spontaneum* Linnaeus, *Saccharum spontaneum* subsp. *indicum* Hackel, *Stipa bromoides* Dörfler, *Thysanolaena agrostis* Nees von Esenbeck todas plantas pertencentes à família Poaceae (BEN-DOV, 2006; MBG, 2014).

Este trabalho amplia a Coleção de Coccoidea do MRGC com mais uma família e faz o registro de uma nova ocorrência de cochonilha no Rio Grande do Sul, associada à cana-de-açúcar.

Material e Métodos

As cochonilhas foram coletadas no ano de 2009, em cana-de-açúcar (*S. officinarum*) nos Centros de Pesquisa da Fepagro, localizados nos municípios de São Borja e Viamão. O material foi levado ao Laboratório de Entomologia de Porto Alegre e preservado em lâminas permanentes.

O estudo dos caracteres morfológicos das cochonilhas foi realizado com as fêmeas adultas, através de lâminas permanentes e bibliografia para as famílias de Coccoidea (COSTA LIMA, 1942; SILVA et al., 1968; GRANARA DE WILLINK, 2004; BEN-DOV et al., 2014). Posteriormente aprofundou-se o estudo utilizando a descrição da espécie (HEMPEL, 1932; BEN-DOV, 2006; BAPTISTA et al., 2007; BEN-DOV et al., 2014).

As lâminas foram examinadas ao microscópio óptico, fotografadas com câmera digital acoplada e incluídas na Coleção Científica do Museu de Entomologia Ramiro Gomes Costa (MRGC), localizado na sede da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro) em Porto Alegre/RS.

Resultados e Discussão

As cochonilhas foram determinadas como *Aclerda takahashii* (Acleridae) e *Aclerda takahashii* Kuwana, 1932 (Figuras 1-6).

O corpo da fêmea adulta de *A. takahashii* é oval alongado, pernas ausentes, antenas vestigiais, semelhantes a pequenos tubérculos, dois pares de espiráculos evidentes e acompanhados de diversos poros multiloculares, possui cerdas cônicas marginais e cerdas filiformes em número variável. A margem posterior do abdômen é fortemente crenulada onde há uma banda submarginal de poros

multiloculares. A fenda anal é curta, placa anal inteira com borda anterior lisa e da borda posterior pendem muitos pelos longos, grande quantidade de microcondutos distribuídos na face ventral do corpo, também estão presentes os macrocondutos localizados na região submarginal da cabeça, tórax e abdômen.

Segundo HEMPEL (1932), o corpo da fêmea adulta é de coloração marrom e a margem externa possui bastante cera branca.

Aclerda takahashii diferencia-se de *Aclerda sacchari* Teague por apresentar nas áreas dorsomarginais da cabeça, tórax e abdômen numerosos microcondutos (BAPTISTA et al., 2007).

Material examinado: Brasil, **Rio Grande do Sul**: São Borja, doze exemplares ♀, seis lâminas, 07.iv.2009, C.E. Pulz & W. Caetano col., ex. cana-de-açúcar (MRGC 1724; 1726; 1728; 1729; 1732); Viamão, dez exemplares ♀, cinco lâminas, 16.ii.2009, C.E. Pulz, W. Caetano & A. Rugery col., ex. cana-de-açúcar (MRGC 1671; 1672; 1673; 1674; 1675).

Este é o primeiro registro desta família de cochonilha no Rio Grande do Sul e se amplia a distribuição de *Aclerda takahashii* no Brasil.

Agradecimentos

Agradecemos à bióloga Cristine Elise Pulz pela coleta do material e montagem das lâminas.

À Yair Ben-Dov por disponibilizar bibliografia que contribuiu para a realização deste trabalho.

Referências:

BAPTISTA, A. R.; GILL, R. J.; MILLER, D.R. et al. **Other Scales Species List**. 2007. Disponível em: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalekeys/otherscales/key/miscellaneouscales/media/html/species/01Acle_takahashii/1Acle_takahashiiDesc.html> . Acesso em: 15 jul. 2014.

BEN-DOV, Y. **A Systematic catalogue of eight scale insect families (Hemiptera: Coccoidea) of the World**. Israel: Elsevier, 2006. p. 16, 17.

_____.; MILLER, D. R.; GIBSON, G. A. P. **ScaleNet, Query Index**. Disponível em: <<http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/query.htm>> . Acesso em: 15 jul. 2014.

COSTA LIMA, A. M. **Insetos do Brasil: homópteros**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1942. t. 3, p. 327. (Série didática n. 4)

CULIK, M. P., WOLFF, V. R. S; PERONTI, A. L. B. G. et al. Hemiptera, Coccoidea: distribution extension and new records for the states of Espírito Santo, Ceará, and Pernambuco, Brazil. **Chec List Journal**, v. 7, n. 4, p. 567-570, 2011.

GRANARA DE WILLINK, M. C. Aclerididae (Hemiptera: Coccoidea) de la Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 63, n. 3-4, p. 1-11, 2004.

HEMPEL, A. Descrição de vinte e duas espécies novas de Coccídeos (Hemiptera – Homoptera). **Revista Entomológica**, v. 2, n. 3, p. 332-333, 1932.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN (MBG). **TROPICOS**: specimen database. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

SILVA, A. G. D; ARAUJO, C. R.; GONÇALVES, D. M. et al. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. p. 132.

SISTEMA NACIONAL DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA FITOSANITÁRIA (SINAVEF). **Análisis de riesgo de plagas para la importación de material propagativo (trozos y/o vástagos) de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) originarios y procedentes de la República Federativa de Brasil, para evaluación en campo**. México: SINAVEF, 2010, p. 18. Disponível em: <<http://portal.sinavef.gob.mx/documentos/03-04-ARP-Brasil.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2014.



Figura 1 - Vista geral do corpo da fêmea adulta de *Aclerda takahashii* (Aclerididae).

*MC= margem crenulada; PA= placa anal e FA= fenda anal.

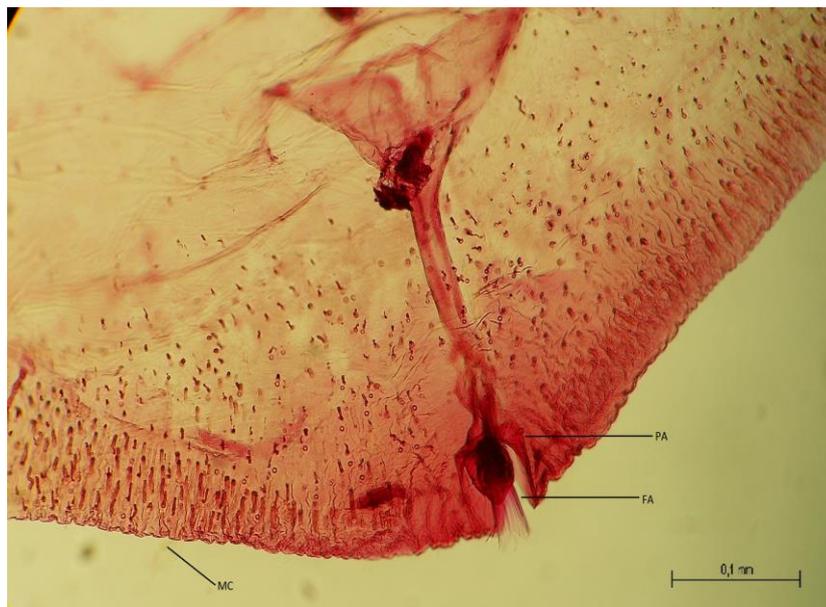


Figura 2 - Face ventral da margem posterior do corpo de *Aclerda takahashii* (fêmea adulta).

*FA= fenda anal; MC= margem crenulada; PA= placa anal.



Figura 3 - *Aclerda takahashii* (fêmea adulta).

*MAC= Macrocondutos; MIC= Microcondutos.

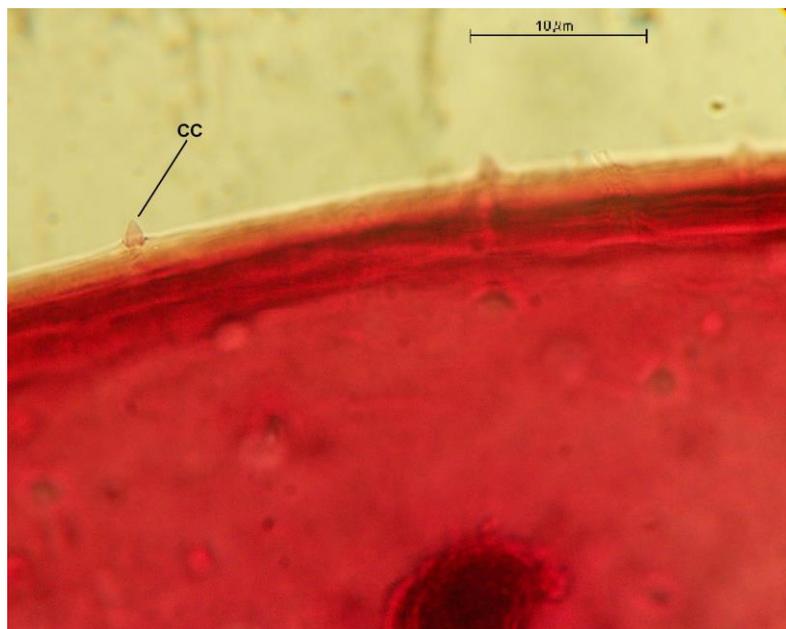


Figura 4 - *Aclerda takahashii* (fêmea adulta).

*CC= Cerdas cônicas localizadas nas laterais do corpo.

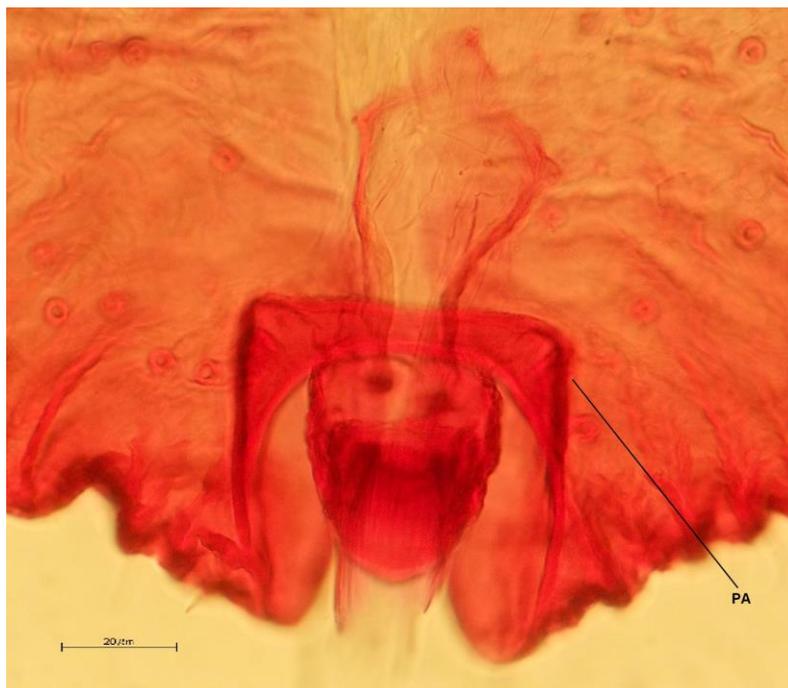


Figura 5 - *Aclerda takahashii* (fêmea adulta).

*PA= placa anal inteira.

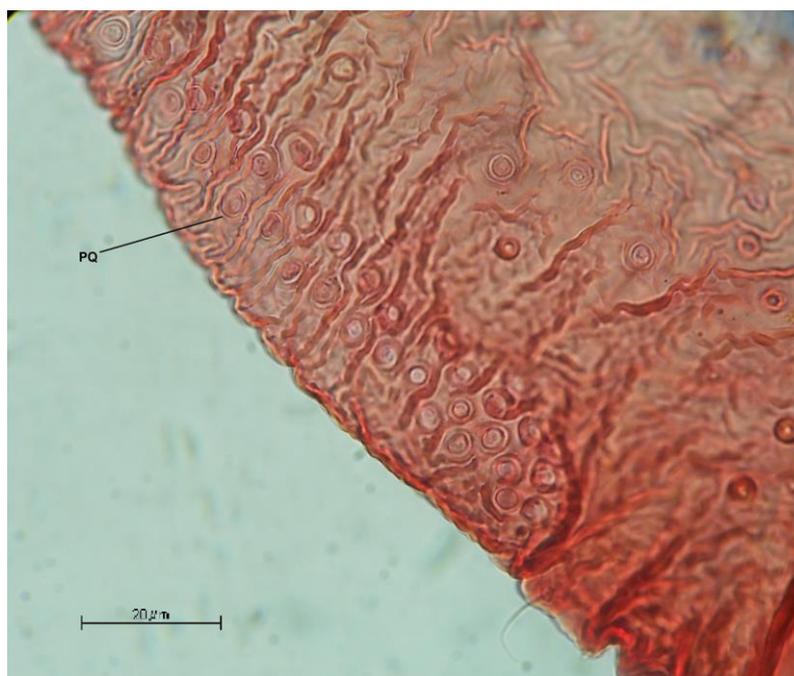


Figura 6 - Margem crenulada de *Aclerda takahashii* (fêmea adulta).

*PQ= poros multiloculares.

INSTRUÇÕES PARA AUTORES

APRESENTAÇÃO

A revista **Pesquisa Agropecuária Gaúcha (PAG)** é uma publicação semestral da **Fepagro** destinada à veiculação de trabalhos técnico-científicos originais resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. São aceitos para publicação:

- **artigos científicos** inéditos, com até 15 páginas;
- **revisões**, preferencialmente a convite da Comissão Editorial, abordando o estado atual de conhecimento sobre um assunto particular por meio da análise e da discussão de informações já publicadas, devendo incluir comentários críticos e uma conclusão, em textos com, no máximo, 20 páginas;
- **comunicados técnicos**, destinados à apresentação de inovações metodológicas e resultados iniciais com caráter inovador e rigor científico, visando a garantir a primazia no relato de um produto, processo ou conhecimento científico, em textos com até dez páginas, contendo os mesmos itens do artigo científico;
- **relatos de caso**, entendidos como casos veterinários que tratem de observações inéditas, pouco frequentes, diferentes ou raramente observadas, os quais poderão ter até dez páginas.

Os trabalhos encaminhados para a PAG deverão ser inéditos, de interesse agropecuário, que não tenham sido encaminhados para outras publicações. Excetuam-se trabalhos apresentados em eventos na forma de resumos, bem como resultados de dissertações, teses ou relatórios, cuja primeira divulgação deve ser indicada em nota de rodapé. Opiniões e conceitos são de inteira responsabilidade dos autores. Os consultores científicos e os editores poderão rejeitar a publicação, condicionar a publicação a correções ou sugerir modificações do texto. Os artigos poderão ser escritos em português, espanhol ou inglês, sempre com *abstract* em inglês.

O manuscrito deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da Fepagro, para o *e-mail* pag@fepagro.rs.gov.br. O manuscrito deverá ser enviado como arquivo anexo, digitado em formato compatível com editor de texto *Word*, em fonte *Times New Roman* 11, em tamanho A4 (21 x 29,7 cm), sem marca d'água, com espaço duplo, margens direita e esquerda de 3 cm. Para correspondência, os autores deverão informar endereço completo, inclusive telefone e *e-mail*.

Para cada artigo publicado, será enviado um exemplar da revista ao autor indicado para correspondência, sendo público o acesso à versão em formato *pdf*: <http://www.fepagro.rs.gov.br/lista/122/PAG>.

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

Para submissão de manuscrito, os autores devem consultar a versão mais recente das normas da revista, ao final do último exemplar publicado *on line*, uma vez que as normas estão sujeitas a atualizações. Além dos padrões amplamente conhecidos para a comunicação científica, a Comissão Editorial solicita aos autores:

1. Considerar as indicações para a integridade da atividade científica disponíveis em <http://www.cnpq.br/web/guest/diretrizes>;

2. Padronizar os trabalhos usando códigos de nomenclatura reconhecidos internacionalmente. Nomes científicos e outros latinos deverão ser escritos em itálico. No resumo e *abstract*, adotar nomenclatura binomial completa. Nomes de cultivares devem ser escritos entre aspas simples, quando não estiverem precedidos da palavra cultivar;

3. Usar somente abreviações de unidades do Sistema Internacional (SI). Abreviações não-convencionais devem ser apresentadas por extenso quando aparecerem no texto pela primeira vez.

4. Separar valores de unidades de medida com um espaço (35 kg). Usar a simbologia internacional (25 kg ha⁻¹).

5. Apresentar numerais de zero a doze por extenso. Para medidas exatas, séries de quantidades e em apresentações estatísticas, os números devem ser em algarismos arábicos. Onde a fluência do texto exigir e em início de parágrafo, escrever o número por extenso.

6. Quando apropriado, usar símbolos para designar os elementos e compostos químicos, especialmente se forem citados mais de uma vez ao longo do texto.

7. Usar nomes comuns de princípios ativos e formulações químicas. Nomes comerciais, se usados, deverão ser identificados como tal.

8. Evitar neologismos e figuras de linguagem inadequados à comunicação científica.

9. Ordenar as partes do artigo científico da seguinte forma:

Título

Deve ser claro, breve, conciso e informar o conteúdo do trabalho. Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, em negrito, sem ponto-final e centralizado. Poderá ser seguido do número um (1) para chamada de rodapé. Não deve conter nome científico, exceto de espécies biológicas pouco conhecidas; nesse caso, apresentar somente o nome binário. Não deve conter abreviações, fórmulas e símbolos.

Autoria

Separados com espaço de uma linha abaixo do título, os nomes dos autores serão escritos completos, por extenso e em sequência, separados por vírgula e com numeração sobrescrita para identificar, no rodapé, a profissão, o grau de especialização, a instituição a que pertence e o endereço do autor.

Resumo

Deve ser suficientemente informativo, para que o leitor identifique o conteúdo e o interesse do trabalho. Deverá ser escrito em um só parágrafo, sem ultrapassar 200 palavras. Deixar espaço de duas linhas abaixo dos autores.

Palavras-Chave

Logo após o resumo, com espaço de uma linha, devem ser indicadas palavras adicionais para indexação, diferentes das que compõem o título.

Title

Versão do título no idioma inglês.

Abstract

Versão do Resumo, reproduzida integralmente no idioma inglês.

Key Words

Versão em inglês das Palavras-Chave.

Introdução

A palavra “Introdução” deve ser alinhada à esquerda e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito. O item constará da justificativa para a realização do trabalho, situando a importância do tema abordado e estabelecendo sua relação com outros trabalhos, a partir de revisão atualizada da literatura, e incluirá os objetivos do trabalho.

Material e Métodos

A expressão “Material e Métodos” deve ser grafada em negrito, alinhada à esquerda, com letras minúsculas, exceto as letras iniciais. O item deve descrever a metodologia empregada no trabalho, incluindo-se o local onde foi conduzido e a descrição das análises estatísticas empregadas, evitando-se a divisão em subitens.

O(s) local(is) de execução deverá(ão) ser escrito(s) por extenso quando aparecer(em) pela primeira vez no texto. Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.

Resultados e Discussão

A expressão “Resultados e Discussão” deve ser grafada em negrito, alinhada à esquerda, com letras minúsculas, exceto as letras iniciais. Deverá ser redigida sem divisão em subitens, usando verbos no passado.

Os autores devem evitar o uso de abreviaturas para designar variáveis e tratamentos. O artigo não deve conter conjecturas ou afirmações que não possam ser amparadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou pelos trabalhos citados.

A apresentação de Resultados poderá ser separada de Discussão em casos excepcionais, conforme a estrutura do trabalho.

Os resultados devem ser apresentados em texto com verbos no passado, na forma de tabelas e imagens, de modo que todos os dados apresentados sejam discutidos e não seja feita menção a dados não apresentados. As tabelas e figuras devem ser numeradas de forma independente, sequencial, com números arábicos, devendo ser incluídas no texto.

Tabelas deverão ser apresentadas abaixo de uma legenda autoexplicativa, em letras minúsculas e com negrito, sem ponto-final. Abaixo das tabelas poderão constar notas explicativas em fonte tamanho oito.

Figuras incluem gráficos, mapas, ilustrações e fotos isoladas ou organizadas em estampas. Devem ser seguidas de legenda em negrito, em letras minúsculas, sem ponto-final, concisa e explicativa. Imagens coloridas poderão ser publicadas *on line*; contudo, a impressão poderá requerer desembolso dos autores, conforme os valores da gráfica. Para a diagramação da revista, os autores devem submeter as imagens em arquivos separados, com resolução mínima de 400 dpis após o aceite do trabalho.

A discussão pode ser encerrada com as considerações finais ou com frases conclusivas.

Agradecimento(s)

Item opcional.

Conclusões

Afirmações objetivas e autoexplicativas deve ser apresentadas. Sendo restritas às condições experimentais testadas, devem empregar verbos no passado. No caso de a Discussão ter sido encerrada com frases conclusivas, as Conclusões podem ser omitidas.

Referências

Os trabalhos citados no texto serão ordenados, alfabeticamente, pelo(s) sobrenome(s) do primeiro autor, seguido da inicial do(s) prenome(s).

As citações de autores no texto deverão ser feitas da seguinte forma: (AZEVEDO, 2003); (BERLATO e FONTANA, 2003); mais de dois, (NEUMANN et al., 2008); se for citado mais de um trabalho, separam-se por ponto e vírgula (BERLATO e FONTANA, 2003; JOST et al., 2010).

Quando se fizer referência ao(s) autor(es) ao longo do texto, somente o ano ficará entre parênteses. Por exemplo, “Jost et al. (2010) registraram...”.

Não serão aceitos *apuds*, como “Correa (1975) citado por Silva (1995)”.

Para distinguir trabalhos diferentes de mesma autoria, será levada em conta a ordem cronológica, segundo o ano da publicação. Se em um mesmo ano houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es), acrescentar uma letra ao ano (p.ex., 2006a; 2006b). Separam-se os diferentes autores por ponto e vírgula (;). As referências são alinhadas à margem esquerda.

Exemplos quanto ao tipo de material a ser referenciado:

Periódicos:

HERINGER, I.; MOOJEN, E. L. Composição botânica e qualidade de uma pastagem de milho em pastejo sob doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 8, n. 1-2, p. 53-57, 2002.

Livros:

SOARES, F.; BURLAMAQUI, C. K. **Pesquisa Científica: uma Introdução, Técnicas e Exemplos**. 2. ed. São Paulo: Editora Formar, 1972. 352 p.

Capítulo de livro:

FOY, C. D. Effects of Aluminum on Plant Growth. In: CLARSON, E.W. (Ed.). **The Plant Root and its Environment**. Charlottesville: University Free of Virginia, 1977. p. 601-642.

VENDRAMIN, J. D. A Resistência de Plantas e o Manejo de Pragas. In: CROCOMO, W. B. (Ed.). **Manejo Integrado de Pragas**. Botucatu: UNESP, 1990. Cap. 9, p. 177-197.

Teses e dissertações:

LISBOA, B. B. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Boletins técnicos e outras publicações seriadas:

ANDRADE-BERTOLO, F. de O.; OTT, A. P.; FERLA, N. J. **Ácaros em Videira no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2011. 24 p. Boletim Técnico, 21.

Trabalhos publicados em anais de eventos:

ORLANDO FILHO, L.; LEME, E. J. de M. A Utilização Agrícola dos Resíduos da Agroindústria Canavieira. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 451-475.

Referências obtidas na web:

INFORMAÇÕES Climáticas: Temperaturas, Dados, Recordes e Curiosidades. Disponível em: <www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/dadostemp.htm>. Acesso em: 24 de setembro de 2004.

CONTATOS

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
Rua Gonçalves Dias, 570, Bairro Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre, RS
Telefone: (51) 3288-8000
E-mail da revista: pag@fepagro.rs.gov.br



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E AGRONEGÓCIO

FEPAGRO

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Rua Gonçalves Dias, 570

Porto Alegre/RS - CEP 90130-060

Fone: (51) 3288.8000 Fax: (51) 3233.7607

www.fepagro.rs.gov.br