

2015

ISSN 0104-9070

PAG
Pesquisa Agropecuária Gaúcha
volume 21 número 1/2

21

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação
Rio Grande do Sul - Brasil



**GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL**
SECRETARIA DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E IRRIGAÇÃO

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

ISSN 0104-9070

Pesquisa Agropecuária Gaúcha

Porto Alegre, 2015

Pesq. Agrop. Gaúcha, Porto Alegre, v.21, ns. 1/2, p. 1-85, 2015.

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

www.fepagro.rs.gov.br - pag@fepagro.rs.gov.br

Comissão Editorial:

Loana Silveira Cardoso – Presidente; Antônio José Trevisan; Caio Fábio StoffelEfrom; Diego

Bitencourt de David; Fabiana Quos Mayer; Lia Rosane Rodrigues; Luciano Kayser Vargas; Marioni

Dornelles da Silva; Nêmore Arlindo Rodrigues.

Divisão de Comunicação Social

Darlene Silveira; Elaine Pinto; Rafaela de Felipe.

Tiragem: 300 exemplares.

CATALOGAÇÃO NA FONTE

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA / Fundação Estadual de Pesquisa

Agropecuária; Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação. Porto Alegre, RS –

Brasil, 1995 –

Semestral – ISSN 0104-9070

2015, v.21, ns. 1/2, p. 1-85

CDU 63(05)

REFERÊNCIA

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA. Porto Alegre: Fepagro, v. 21, ns. 1/2, p. 1-85, 2015.

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.revistapag.fepagro.rs.gov.br/>

Consultores científicos do ano de 2015:

Clovis Arruda de Souza – UDESC
Haroldo Tavares Elias - EPAGRI
Vagner Brasil Costa – Unipampa
Caren Lamb - Fepagro
Cleber Witt Saldanha - Fepagro
Zanandra Boff de Oliveira - IFFar
Ivonete Tazzo - Fepagro
Ana Celi Silva - IFSUL
Luciano Kayser Vargas - Fepagro
Rul Martins Antunes - UFPel
Cleiton Perleberg - Unipampa

Fábio Lucas Izaguirre Martins - Unipampa
Juliano Garcia Bertoldo - Fepagro
Guilherme Ribeiro - Unipampa
Rogério Ferreira Aires - Fepagro
Getulio Jorge Stefanello Júnior - IFRS
Gismael Francisco Perin - UFFS
Cândida Montero – Embrapa
Paulo Vitor Dutra de Souza - UFRGS
Bruno Brito Lisboa – Fepagro
Leandro Souza da Silva - UFSM
Volnei Pauletti - UFPR

Autores desse volume:

Alencar Junior Zanon
Amanda Fabres Oliveira Radunz
Amauri Nelson Beutler
André Luiz Radunz
Antelmo Ralph Falqueto
Bárbara Mafra de Araújo
Camile Thais Castoldi
Carla Azambuja Bocchese
Carolina Terra Borges
Cesar Tiago Forte
Cleber Maus Alberto
Clevison Luiz Giacobbo
Clodoaldo Leites Pinheiro
Corália Maria Oliveira Medeiros
Daniel Alexandre Heberle
Dílson Antônio Bisognin
Diogo Kacheski Beck
Diolina Moura Silva
Edgar Ricardo Schöffel
Édina Regina Neumann
Elaine Damiani Conte
Elisa Mitsuko Aoyama
Esther Theisen Gabbardo
Evandro Ademir Deak
Felipe Adelio de David
Felipe Eich
Francisco Alexandre de Morais
Gabriel Octávio de Mello Cunha

Giovane Matias Burg
Gismael Francisco Perin
Israel Felipe Lustosa da Silva
Ivan Renato Krolow
Jacson Zuchi
Jadson Bonini Zampirolo
Joelma Dutra Fagundes
Juliano Garcia Bertoldo
Juliano Tadeu Vilela de Resende
Lauri Lourenço Radunz
Leandro Galon
Luciano Colpo Gatiboni
Marcelo Raul Schmidt
Marcos Gabbardo
Natiele Sandrini Celovane
Nereu Augusto Streck
Rafaela Lawisch Braga
Raquel Paz da Silva
Renato Barros de Lima Filho
Renato Kujawinski
Ricardo Lima de Castro
Rodrigo Favreto
Sílvia Tibursk
Taísa Dal Magro
Thais Silva Costa
Wellynthon Machado da Cunha
Zilmar da Silva Souza

Sumário / Table of Contents

Artigos Científicos / Scientific Papers

Seção: AGRONOMIA	Pág.
Performance de genótipos de feijão para o caráter fixação biológica de nitrogênio conduzidos em sistemas de cultivos em dois ambientes <i>Performance of beans genotypes too biological nitrogen fixation trait conducted in cropping systems in two environments</i> Juliano Garcia Bertoldo, Corália Maria Oliveira Medeiros, Rodrigo Favreto, Raquel Paz da Silva, Rafaela Lawisch Braga, Diogo Kacheski Beck, Felipe Eich.....	13
Perspectivas de diversificação do espumante brasileiro <i>Perspectives for diversifying the Brazilian sparkling wine</i> Wellynthon Machado da Cunha, Esther Theisen Gabbardo, Silvia Tibursk, Marcos Gabbardo.....	23
Atividade fotoquímica em mudas de jacarandá submetidas ao déficit hídrico <i>Photochemical activity in jacarandá seedlings submitted to water deficit</i> Natiele Sandrini Celovane, Jadson Bonini Zampirolo, Thais Silva Costa, Clodoaldo Leites Pinheiro, Diolina Moura Silva, Elisa Mitsuko Aoyama, Antelmo Ralph Falqueto...	29
Estaquia de <i>Physalisperuviana</i> em diferentes bandejas de poliestireno expandido e substratos <i>Cutting of <i>Physalisperuviana</i> on different polystyrene trays and substrates</i> André Ricardo Zeist, Israel Felipe Lustosa da Silva, Renato Barros de Lima Filho, Édina Regina Neumann, Clevison Luiz Giacobbo, Juliano Tadeu Vilela de Resende.....	36
Resposta da microbiota do solo após aplicação de fertilizante organomineral e irrigação com água salina <i>Response of soil microbiota after application of organo-mineral fertilizer and irrigation with saline water</i> Francisco Alexandre de Moraes, Luciano Colpo Gatiboni, Gabriel Octávio de Mello Cunha, Daniel Alexandre Heberle, Bárbara Mafra de Araújo.....	42
Simulação da produtividade de tubérculos de batata em ambientes subtropical e temperado <i>Simulating potato tuber yield in subtropical and temperate environments</i> Nereu Augusto Streck, Alencar Junior Zanon, Dílson Antônio Bisognin, Zilmar da Silva Souza, Joelma Dutra Fagundes, Cleber Maus Alberto.....	49
Componentes do rendimento de feijão em diferentes épocas de semeadura e safras <i>Yield components of bean in different sowing times and harvests</i> Taísa Dal Magro, Jacson Zuchi, Elaine Damiani Conte, Ricardo Lima de Castro, Carla Azambuja Bocchese.....	56

	Pág.
<p>Desempenho agronômico da cultura do trigo após inoculação das sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> <i>Agronomic performance of wheat after seed inoculation with <i>Azospirillum brasilense</i></i> Leandro Galon, Felipe Adelio de David, André Luiz Radunz, Cesar Tiago Forte, Lauri Lourenço Radunz, Amauri Nelson Beutler, Gismael Francisco Perin, Ivan Renato Krolow, Renato Kujawinski, Camile Thais Castoldi.....</p>	65
<p>Influência da poda sobre características produtivas e de qualidade em videiras na região de Pelotas/RS <i>Dry pruning and defoliation in 'Bordô' and 'BRS Violeta' vineyards in the region of Pelotas/RS</i> André Luiz Radünz, Edgar Ricardo Schöffel, Carolina Terra Borges, Amanda Fabres Oliveira Radunz.....</p>	72
<p>Liquid lime: effect on soil chemical properties and wheat grain yield <i>Calcário líquido: efeito nas propriedades químicas do solo e produtividade de grãos de trigo</i> Amauri Nelson Beutler, Giovane Matias Burg, Marcelo Raul Schmidt, Evandro Ademir Deak, Leandro Galon.....</p>	79

Performance de genótipos de feijão para o caráter fixação biológica de nitrogênio conduzidos em sistemas de cultivos em dois ambientes

Juliano Garcia Bertoldo^{1*}, Corália Maria Oliveira Medeiros², Rodrigo Favreto³, Raquel Paz da Silva³, Rafaela Lawisch Braga⁴, Diogo Kacheski Beck⁴, Felipe Eich⁴

Resumo – A utilização de inoculantes representa uma economia para o país, além disso, existe uma tendência agrícola mundial em reduzir o uso de insumos e energia, propiciando uma melhoria na qualidade ambiental. Assim, este trabalho teve como objetivo identificar genótipos promissores quando submetidos a sistemas de cultivos com menor uso de adubação nitrogenada mineral e avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente em caracteres de interesse agrônomo e no sistema de cultivo. Foram avaliados 12 genótipos de feijão em ambientes distintos e dois sistemas de cultivos (com uréia e com inoculação). Para o caráter número de nódulos totais (NNT) os genótipos SM0212, SH057, Pérola, SH0413, SH061, SP12072, e SM1010 podem ser considerados promissores. O sistema de cultivo teve influência do ambiente, este sendo mais pronunciado em Maquiné do que em Santa Rosa. O aumento no ciclo e na estatura de planta promove o incremento no número de nódulos. É possível obter resultados satisfatórios para os caracteres agrônômicos avaliados com a substituição da adubação nitrogenada mineral de cobertura pela inoculação.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.. Ureia. Inoculação. Redução de insumos.

Performance of beans genotypes too biological nitrogen fixation trait conducted in cropping systems in two environments

Abstract – The use of inoculants represents a cost savings to the country, in addition to this, there is a tendency toward world agriculture to reduce the use of raw materials and energy, providing an improvement in environmental quality. Thus, the objective of this work was to identify promising genotypes when submitted to cropping systems with less use of nitrogen fertilization mineral and assess the effects of genotype x environment interaction in characters of agronomic interest and cultivation system. Were evaluated 12 bean genotypes in different environments and two cropping systems (with urea and with inoculation). For the character number of nodules totals (NNT) genotypes SM0212, SH057, Perola, SH0413, SH061, SP12072, and SM1010 can be considered promising. The system of cultivation had an influence on the environment, this being more pronounced in Maquiné than in Santa Rosa. The increase in cycle and plant stature it promotes an increase in the number of nodules. The increase in cycle and plant stature it promotes an increase in the number of nodules. It is possible to obtain satisfactory results for the agronomic traits evaluated with the replacement of nitrogen fertilization of mineral coverage by inoculation.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L.. Urea. Inoculation. Reduction of inputs.

Introdução

O feijão-comum é uma das espécies de maior cultivo no Brasil, sendo considerado o prato típico brasileiro, consumido habitualmente por grande parte da população brasileira. No Brasil a média anual de produção é de 3,5 milhões de toneladas, sendo o consumo incrementado em 1,2% ao ano até 2020, passando de 3,5 para 4,3 milhões de toneladas (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2012). No entanto, não é autossuficiente na produção e a média nacional de rendimento de grãos é baixa, cerca de 900 kg.ha⁻¹ em média (CONAB, 2014), não refletindo o potencial de

rendimento das atuais variedades recomendadas (>2.000 kg.ha⁻¹), o que faz com que o Brasil não seja autossuficiente na produção do feijão.

Cultivado por pequenos e grandes produtores em todas as regiões, o feijão é considerado uma planta exigente em termos nutricionais, sendo que os níveis adequados dos macronutrientes nas folhas do feijoeiro se encontram na faixa de 24 - 52 g kg⁻¹ para o nitrogênio, 4,0 - 6,0 g kg⁻¹ para o fósforo e 15 - 35 g kg⁻¹ para o potássio (MALAVOLTA, 2006). Considerando a baixa fertilidade da maioria dos solos brasileiros, as práticas de calagem e adubação são indispensáveis para

Manuscrito submetido em 15/04/2014 e aceito para publicação em 02/09/2015

¹Pesquisador, Dr., Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO, Centro de Pesquisa do Litoral Norte, FEPAGRO Litoral Norte, RS 484, km 05, CEP 95530-000, Maquiné/ RS. *autor para correspondência: jgbertoldo@fepagro.rs.gov.br.

²Pesquisadora, Dra., Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO, Centro de Pesquisa do Noroeste, FEPAGRO Noroeste, Rua Benvindo Giordani, 1749, CEP 98900-000, Santa Rosa/ RS.

³Pesquisadores, Drs., Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO, Centro de Pesquisa do Litoral Norte, FEPAGRO Litoral Norte, RS 484, km 05, CEP 95530-000, Maquiné/ RS.

⁴Estagiário(a) FDRH, Fepagro Noroeste – Santa Rosa, Acadêmico(a) de Bacharelado em Agronomia - Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM).

fornecer nutrientes que não estão em concentrações satisfatórias para atender às necessidades das plantas (SILVA et al., 2012). Entretanto, tem sido observado um baixo rendimento na cultura do feijão no país, devido principalmente ao baixo nível tecnológico empregado (MERCANTE et al., 1999; STRALIOTTO, TEIXEIRA e MERCANTE, 2002). Os fatores que podem estar contribuindo para essa realidade estão o cultivo em locais de baixa fertilidade dos solos e o baixo uso de insumos nesta cultura (BARBOSA FILHO, FAGERIA e ZIMMERMANN, 2005), a negligência quanto à nutrição mineral da cultura (BINOTTI et al. 2009; BISCARO et al. 2011).

Para uma produção adequada é necessário o uso de fertilização nitrogenada ou a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio na raiz. A utilização de inoculantes, como alternativa ao uso de adubação nitrogenada, pode representar uma economia anual significativa. Alguns estudos estimam que o uso de inoculação com bactéria fixadora de nitrogênio pode ser responsável por uma economia anual de, aproximadamente, US\$ 9 bilhões, pelo não uso de fertilizantes nitrogenados, em termos brasileiros.

Além disso, outra vantagem é a mitigação dos efeitos danosos que são ocasionados pelo uso desses fertilizantes sobre o meio ambiente. A fixação de nitrogênio tem um papel fundamental na manutenção da produção agrícola mundial (HERRIDGE, TURPIN, e ROBERTSON, 2001) com um menor impacto ambiental, pois incorporação de nitrogênio via fixação biológica, aos diferentes ecossistemas do planeta é bastante elevada, representando uma importante economia de energia fóssil (ALCANTARA et al., 2009) e menor custos de produção (HUNGRIA e VARGAS, 2000). HUNGRIA et al. (2012) identificaram estirpes que se forem utilizadas em maior escala no feijão, segundo os autores, haveria uma economia imediata de US\$ 240 milhões por ano (considerando a área cultivada em três safras, a recomendação atual de 60 kg de N/ha para a cultura e o preço da ureia).

A produtividade de grãos de diferentes genótipos do feijão é condicionada ao efeito do ambiente sobre as plantas (BERTOLDO et al., 2009; FARIA et al., 2009; GONÇALVES et al., 2010). Foi verificado que a variância atribuída ao efeito do ambiente pode contribuir para a variância fenotípica no rendimento de grãos de feijão em 76%, ou seja, o efeito do ambiente é fator determinante para a produtividade (BERTOLDO et al., 2009). Nesse sentido, é importante o desenvolvimento de novos genótipos adaptados aos diferentes níveis tecnológicos de cultivo e ambientes procurando também uma redução no uso de insumos e energia, buscando a sustentabilidade produtiva.

Assim, este trabalho teve como objetivo identificar genótipos promissores para caracteres de interesse agrônomo, entre eles a fixação biológica de nitrogênio, quando submetidos a sistemas de cultivos em dois ambientes.

Material e Métodos

Foram instalados dois experimentos a campo no ano de 2012, sendo um na área experimental da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) no

Centro de Pesquisa do Litoral Norte (FEPAGRO Litoral Norte), em Maquiné/RS, situada a 29°39'33.10" de latitude Sul, 50°12'35.80" de longitude Oeste e 15 m de altitude e outro no Centro de Pesquisa da Região Noroeste (FEPAGRO Noroeste), em Santa Rosa/RS, situado a 27°53'18.11" de latitude sul, 54°28'41.23 de longitude Oeste e 243m de altitude, que foram denominados Ambientes 1 e 2, respectivamente. A semeadura ocorreu em setembro de 2012 em ambos ambientes. O solo em Maquiné (Ambiente 1) é classificado como Chernossolo Háplico Órtico típico e o clima é clima subtropical úmido-Cfa. O solo em Santa Rosa (Ambiente 2) é classificado como latossolo vermelho distroférico típico e o clima característico é subtropical mesotérmico-Cfa, segundo a classificação de Köppen. Os dados climáticos de temperatura e precipitação nos dois ambientes durante o cultivo estão representados pela Figura 1.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas de 4 metros espaçadas em 0,5 m, totalizando 8 m² e para a área útil foram consideradas as duas fileiras centrais, totalizando 4 m². A densidade de semeadura foi de 15 sementes aptas por metro linear. Utilizou-se o sistema de semeadura direta ou convencional, utilizando-se como adubação de base a dose de 275kg ha⁻¹ de fertilizante mineral NPK da fórmula 5-20-20. Os dois sistemas de cultivo corresponderam a fonte de N na cobertura: i) convencional, com o uso de ureia (30 kg N ha⁻¹) aos 18 dias após a emergência (URÉIA) e; ii) com inoculação a campo na linha de semeadura de 10g/10L H₂O da mistura de três inoculantes recomendados para o feijão (SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 na proporção 1:1:1 em uma concentração final de 1 x 10⁸ células.mL⁻¹) após a emergência das plantas (INOCULANTE). Foram utilizados 12 genótipos de feijão, sendo quatro cultivares comerciais (Fepagro26, Iraí, Ouro Branco e Pérola) e oito linhagens (SH0413, SH057, SH061, SP12072, SM0212, SM0707, SM1010 e SM1207) pertencentes à coleção de feijão do Banco de Germoplasma da FEPAGRO (BAFFE). Os tratamentos culturais consistiram do controle de plantas invasoras através de capina manual e aplicação de Fluazifop-p-butyl+fomesafen (1Lha⁻¹) e o controle de insetos pela aplicação de Metamidophos (1Lha⁻¹) e não houve controle de doenças.

No estágio R6 (floração plena), a partir de cinco plantas coletadas aleatoriamente na parcela, foram avaliados os caracteres número de nódulos total (NNT), peso seco da parte aérea em g (PSA), comprimento da raiz em cm (CPR), e no estágio R9 (maturação da colheita), os caracteres estatura de planta em cm (EST), diâmetro do caule em cm (DIA), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legume (NGL), e número de grãos totais (NGT), e os caracteres fenológicos número de dias para a floração (DIF) e ciclo de planta (CIC). Para a avaliações feitas no estágio R6 foi realizado arranquio de cinco plantas da área útil por parcela, iniciando-se com um leve revolvimento do solo com uma pá a cerca de 30cm de distância das plantas, seguido da retirada das plantas. O solo aderido às raízes foi removido com uso de água corrente e, em seguida, as raízes foram separadas da parte aérea na base do caule.

Os nódulos presentes nas raízes foram destacados e contados. A parte aérea e raiz foram colocadas para secar em estufa a 65 °C por 72 horas e após este período, foram pesadas com auxílio de balança analítica de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e ao teste de Tukey para comparação de

médias, ambos ao nível de probabilidade de erro de 5%. A análise conjunta incluiu todos os ambientes avaliados. Foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres avaliados. As análises foram realizadas com auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2013).

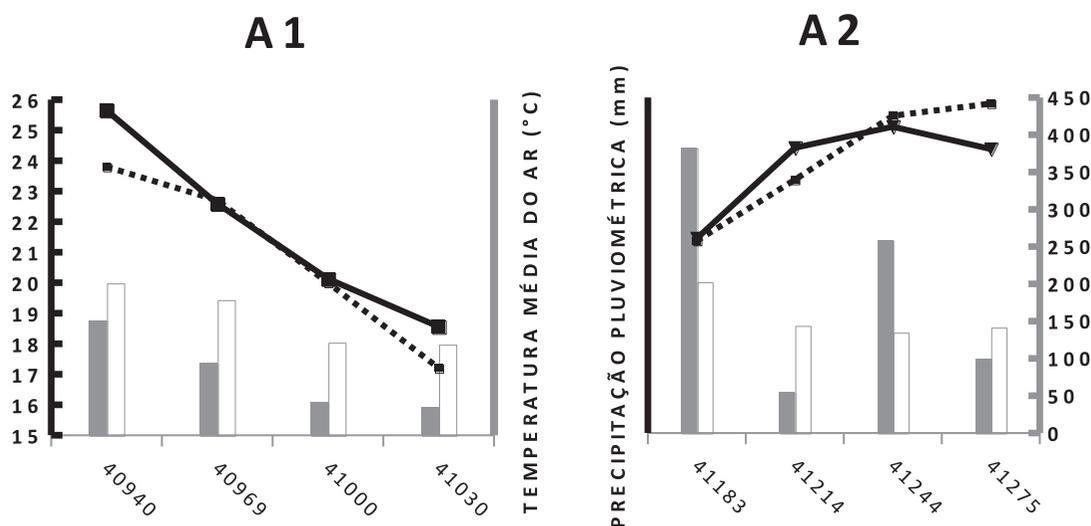


Figura 1 – Dados ambientais em Maquiné (A1) e Santa Rosa (A2) de temperatura média do ar (°C) durante o cultivo (linhas sólidas) e dados esperados com base em série histórica de 1976-2005 (linhas pontilhadas) e de precipitação pluviométrica (mm) observada durante o cultivo (barras sólidas) e dados esperados com base em série histórica de 1976-2005 (barras pontilhadas) no período de cultivo do feijão. Série histórica baseada em MATZENAUER, RADIN, e ALMEIDA (2011).

Resultados e discussão

A partir da análise de variância conjunta (Teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro) foi possível observar que houve efeito significativo para todos os fatores avaliados, porém de diferente magnitude (Tabela 1).

Assim, pode ser dito que houve diferenças entre genótipo e ambiente para todos os caracteres avaliados (exceto para os caracteres DIA e NGL); o sistema de cultivo foi significativo apenas para os caracteres peso seco da parte aérea (PSA), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos total (NGT) e; as demais interações não foram significativas (Tabela 1). Os resultados são pertinentes, pois indicam que existe variabilidade entre os genótipos e entre os ambientes utilizados, bem como que houve resposta diferenciada

entre os genótipos dentro do ambiente ao qual foram avaliados.

Ainda podem ser observados valores do coeficiente de variação (CV) altos para o caráter número de nódulos (Tabela 1), a partir do proposto por Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Para Cruz et al. (2012), não há um consenso entre os pesquisadores sobre o uso do CV como medida da precisão experimental. No entanto, a classificação de CV de Pimentel-Gomes (1985), apesar de ser extensivamente utilizada, é abrangente e não considera as particularidades da cultura avaliada, a natureza do ensaio e, principalmente a variável estudada, o que podem ser relevantes para a correta interpretação das magnitudes dessa medida (GARCIA, 1989).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância conjunta dos dados de número de nódulos total (NNT), peso seco da parte aérea (PSA em gramas), comprimento da raiz (CPR em centímetros), dias para o florescimento (DIF), ciclo de planta (CIC), estatura de planta (EST em centímetros), diâmetro do caule (DIA em milímetros), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legume (NGL) e número de grãos totais (NGT) em genótipos de feijão cultivados em dois ambientes

FV	GL	Quadrado médio ¹				
		NNT	PSA	CPR	DIF	CIC
Bloco	2	2910,09*	13,54*	0,73	2,49	11,93
Genótipos (G)	11	3582,56*	28,56*	162,80*	257,28*	314,52*
Sistema (S)	1	94,50	20,69*	1,04	2,17	0,33
Ambiente (A)	1	34802,12*	1479,48*	7128,60*	1,37	1429,92*
GxS	11	869,97	2,02	11,02	6,17	10,64
GxA	11	3565,33*	12,37*	184,49*	39,93*	117,82*
SxA	1	180,60	0,23	0,18	3,81	0,13
GxSxA	11	1164,11	2,32	13,98	4,97	9,24
Erro	88	691,54	3,70	14,67	4,27	5,73
Média		27,60	13,13	26,45	42,47	95,23
CV (%)		95,79	28,38	14,50	5,00	2,54
		EST	DIA	NLP	NGL	NGT
Bloco	2	246,29*	0,71	21,07	0,85	402,12
Genótipos (G)	11	152,90*	3,56*	78,16*	4,02*	1890,55*
Sistema (S)	1	48,92	2,10	110,30*	0,27	1344,19*
Ambiente (A)	1	1617,60*	479,47*	1630,60*	43,08*	6194,48*
GxS	11	51,86	0,46	6,24	0,79	57,72
GxA	11	337,85*	0,93	54,42*	0,63	781,84*
SxA	1	27,82	2,50	11,40	1,63	1430,39*
GxSxA	11	71,00	0,66	12,49	0,18	134,56
Erro	88	50,51	0,78	10,88	0,42	185,86
Média		32,84	6,95	11,11	3,45	108,13
CV (%)		21,64	12,71	29,35	18,24	35,93

¹* Significativo pelo teste *F* ($p = 0,05$); CV%: coeficiente de variação

Em relação aos caracteres avaliados no estágio R6, houve diferenciação entre os genótipos e os ambientes (Tabela 2). Para o caráter número de nódulos totais (NNT) o genótipo SM0212 foi o que apresentou o maior valor de número de nódulos em Maquiné (23,5) e o genótipo SH057 em Santa Rosa (113,7). Outros genótipos podem ser considerados promissores para este caráter, Pérola, SH0413, SH061, SP12072, e SM1010,

embora não se diferenciem entre si pelo teste de Tukey (valor $p = 0,05$), apresentaram valores acima da média em pelo menos um dos ambientes em que foram avaliados. Variabilidade entre genótipos para o caráter nodulação já tem sido verificada em outros trabalhos (ANDRIOLO, PEREIRA e HENSON, 1994; FRANCO et al., 2002; VIEIRA et al., 2005).

Tabela 2 – Média dos caracteres número de nódulos total (NNT), peso seco da parte aérea (PSA em gramas), comprimento da raiz (CPR em centímetros) e dias para o florescimento (DIF) observados no estádio R6 e ciclo de planta (CIC), observado no estádio R9, de genótipos de feijão cultivados em dois ambientes

Genótipos	NNT		PSA		CPR		DIF		CIC	
	A1 ¹	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Fepagro 26	3,4b	38,8bc	4,3ab	11,1ab	18,9ab	33,1bcd	45,6ab	43,5e	94,4ab	91,5h
Iraí	7,0ab	11,5c	2,0b	4,0c	20,8a	24,1d	35,3d	26,5i	83,8d	79,5j
Ouro Branco	7,2ab	4,7c	2,9b	8,6ab	20,4ab	22,4cd	35,0d	32,0h	84,0cd	99,0f
Pérola	14,3ab	57,5abc	5,9a	12,1a	21,2a	31,4cd	45,0abc	43,0f	96,0a	102,5c
SH0413	13,6ab	35,3bc	3,3ab	8,5ab	20,4ab	33,1bcd	40,6abcd	44,0d	89,6abcd	102,0d
SH057	9,0ab	113,7a	3,4ab	10,3ab	18,1ab	44,1a	43,0abc	46,0a	94,4ab	104,0b
SH061	10,3ab	86,8ab	3,5ab	12,4a	19,4ab	47,8a	47,0a	45,5b	93,3ab	104,5a
SP12072	80ab	71,3abc	3,0ab	11,7ab	17,8ab	41,6ab	45,8ab	45,0c	92,0abc	101,0e
SM0212	23,5a	22,0bc	2,4b	9,7ab	17,1ab	27,9cd	39,2bcd	42,0g	89,6abcd	87,0j
SM0707	10,8ab	12,2c	2,9ab	7,6bc	18,9ab	27,6cd	38,3cd	43,0f	87,5bcd	92,0g
SM1010	14,3ab	56,2abc	2,9b	12,3a	15,5b	33,9bc	44,0abc	43,0f	88,8abcd	101,0e
SM1207	4,0b	10,3c	3,3ab	11,7ab	17,1ab	27,7cd	40,2bcd	42,0g	92,0abc	101,0e
Média	10,42	43,05	3,31	9,95	18,88	33,32	41	43	90	97

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p =0,05).

¹Ambientes: A1: Maquiné; A2: Santa Rosa

Para o caráter peso da parte aérea (PSA), o genótipo Peróla foi considerado o melhor em Maquiné (5,9g) e em Santa Rosa (12,1g). Em Santa Rosa, também houve superioridade para os genótipos SH061 (12,4) e SM1010 (12,3g). Os maiores valores para o caráter comprimento da raiz foram obtidos no genótipo Pérola e Iraí em Maquiné (21,2 e 20,8cm, respectivamente) e SH057 e SH061 em Santa Rosa, com 44,1cm e 47,8cm, respectivamente. Os dias para o florescimento (DIF) variou de 35 (Ouro Branco) a 47 dias (SH061) em Maquiné e de 26,5 (Iraí) a 46 dias (SH057) em Santa Rosa. O ciclo de planta (CIC) em Maquiné variou de 83,8 (Iraí) a 96 dias (Pérola) e em Santa Rosa de 87 (SM0212) a 104,5 dias (SH061). Os resultados revelaram haver variações entre os genótipos e entre os ambientes de cultivo. Em Maquiné foram necessários em média 41 dias para o florescimento e em Santa Rosa 43 dias, não havendo muitas diferenças entre os ambientes para esse caráter, corroborando com a não significância obtida na análise de variância (Tabela 1). Porém de modo geral, os genótipos apresentaram ciclo de cultivo superior em Santa Rosa (mais tardios) em comparação a Maquiné (mais precoces), sendo o ciclo médio de cultivo foi de 90 dias em Maquiné e 97 dias Santa Rosa, diferindo em 7 dias entre um ambiente e o outro.

Nas condições específicas do ano, pode ser concluído que houve superioridade no ambiente de Santa Rosa em comparação ao ambiente de Maquiné para todos os caracteres, com exceção do número de legumes por planta. As diferenças em nodulação e desenvolvimento

da planta podem ser decorrentes das diferentes condições edafoclimáticas dos dois ambientes de cultivo. Entretanto, as condições climáticas observadas durante a condução dos ensaios (Figura 1) indicam que durante a condução do ensaio em Maquiné (Ambiente 1), houve menor ocorrência de chuvas, o que promoveu estiagem durante o ciclo de cultivo, reduzindo os valores dos caracteres avaliados. De modo contrário, em Santa Rosa (Ambiente 2), a disponibilidade hídrica pode ter contribuído para prolongar o ciclo médio dos genótipos, visto que foi observada nítida tendência de maior duração de ciclo de cultivo. As médias para os demais caracteres em Maquiné foram inferiores àquelas de Santa Rosa, de modo que, o estresse hídrico pode ter afetado o desenvolvimento das plantas. O estresse hídrico pode promover decréscimo da produção da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e da abscisão das folhas e aumento na senescência das flores (WRIGHT, SMITH, e McWILLIAM, 1983; McCREE e FERNÁNDEZ, 1989; TAIZ e ZEIGER, 1991). Os trabalhos de Westgate e Boyer (1985) demonstraram que a ocorrência de déficit hídrico durante a fase de enchimento de grãos altera todo o desenvolvimento da planta.

Os caracteres avaliados no estádio R9 (maturação para colheita) também apresentaram divergências entre os genótipos e os ambientes estudados (Tabela 3). Para o caráter estatura de planta (EST em centímetro) foram observados valores superiores nos genótipos SH413 (44,3 cm) e Ouro Branco (47,3cm) em Maquiné e Santa

Rosa, respectivamente e inferiores para os genótipos Iraí (20,2 cm) em Maquiné e SP12072 (28,2 cm) e SH057 (29,6 cm) e SP12072 (28,2 cm) em Santa Rosa. Porém os genótipos Pérola, SM0707 e SM1010, apesar de não diferirem estatisticamente, apresentaram valores pertinentes no incremento da estatura em ambos ambientes. O diâmetro de caule (DIA em milímetros) e o número de legumes por planta (NLP) não apresentaram nenhuma diferença entre os genótipos em Maquiné, porém os genótipos foram distintos em Santa Rosa, onde o genótipo SM1207 (10 mm) foi superior para o DIA e os

genótipos Fepagro 26, SM0707 e SM1010 (20, 20,2 e 20,1 respectivamente) para o caráter NLP. Para o caráter número de grãos por legume (NGL), houve diferenças dentro dos ambientes, sendo superiores os genótipos Fepagro 26 (5,2) em Maquiné e SM1207 (5,0) em ambos ambientes. No caráter número de grãos totais (NGT) não foram observadas diferenças entre os genótipos em Maquiné, entretanto, em Santa Rosa, o genótipo Fepagro 26 (71,8) apresentou o maior valor e os genótipos Ouro Branco, Iraí e SH061 apresentaram os menores (16,6, 19,9 e 25,2, respectivamente) (Tabela 3).

Tabela 3 – Média dos caracteres estatura de planta (EST em centímetros), diâmetro do caule (DIA em milímetros), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legume (NGL) e número de grãos totais (NGT) observados no estádio R9, de genótipos de feijão cultivados em dois ambientes

Genótipos	EST		DIA		NLP		NGL		NGT	
	A1 ¹	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Fepagro 26	21,9bc	34,6bcd	4,8a	9,1ab	7,8a	19,8a	5,2a	3,5ab	39,5a	71,8a
Iraí	20,2c	38,0bc	4,1a	6,8c	5,2a	12,8abcd	2,7c	1,8d	13,7a	19,9d
Ouro Branco	21,4c	47,3a	5,3a	9,7ab	5,8a	9,8cd	3,2bc	2,2cd	17,6a	16,6d
Pérola	43,7ab	35,8bcd	4,8a	8,8ab	8,4a	11,8bcd	4,6ab	2,5bcd	39,4a	28,8cd
SH0413	44,3a	32,0cd	5,0a	9,0ab	8,2a	8,9d	4,6ab	3,3ab	35,6a	30,3cd
SH057	38,8abc	29,6d	5,5a	8,9ab	9,6a	16,6abc	4,6ab	3,0abc	45,0a	50,4abc
SH061	22,3bc	32,8bcd	4,5a	8,7ab	6,6a	7,6d	4,4ab	3,2abc	30,0a	25,2d
SP12072	28,1abc	28,2d	4,4a	8,3bc	5,0a	12,3bcd	3,6abc	3,3ab	20,0a	41,2bcd
SM0212	24,0abc	40,3ab	5,2a	9,0ab	8,2a	18,3ab	3,8abc	3,0abc	29,8a	56,7ab
SM0707	30,8abc	40,8ab	4,8a	8,3abc	7,2a	20,2a	4,2abc	3,2abc	31,2a	65,7ab
SM1010	29,4abc	39,5abc	5,2a	8,5abc	7,3a	20,1a	4,3abc	3,0abc	29,3a	61,9ab
SM1207	27,6abc	34,5bcd	5,2a	10,0a	7,6a	17,5ab	5,0a	3,8a	36,8a	62,9ab
Média	29,05	36,08	4,88	8,75	7,22	14,79	4,16	3,01	30,56	44,28

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (valor p = 0,05).

¹Ambientes: A1: Maquiné; A2: Santa Rosa.

Com relação ao sistema de cultivo aplicado, foram observadas diferenças significativas entre os caracteres e os ambientes avaliados, porém de modo distinto (Tabela 4). Em Maquiné, foi verificado que o tratamento com o sistema de cultivo não convencional, ou seja, com a utilização de inoculante, promoveu um incremento no número de nódulos. Por outro lado, também em Maquiné, o peso seco da parte aérea, diâmetro do caule, número de legumes por planta e número de grãos total obtiveram valores superiores no sistema convencional, ou seja, com o uso de nitrogênio mineral (uréia). Em Santa Rosa não houve diferença entre a utilização de uréia ou de inoculação como fonte de nitrogênio. Pode ser que as condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento e produção das plantas, como as

ocorridas em Maquiné, tenha afetado também o mecanismo de simbiose entre os rizóbios e as plantas. Este resultado é importante, pois pode estar indicando que em ambientes desfavoráveis a inoculação é “mais benéfica” do que no melhor ambiente. Deste modo, os agricultores que utilizam “menos insumo” ou “menos tecnologia” poderiam ser os principais beneficiários da tecnologia da inoculação.

Outros estudos comparando o uso de inoculante com a adubação nitrogenada apresentam resultados similares ao observado em Maquiné e Santa Rosa, ou seja, alguns relatam melhor desempenho de desenvolvimento da planta ou produtividade no uso de adubação, enquanto outros descrevem não haver diferença entre os tratamentos. Ferreira et al. (2000), observaram que os

tratamentos que não receberam inoculação, também apresentaram nódulos, indicando a presença de estirpes nativas no solo, as quais foram capazes de suprir as plantas com o N fixado simbioticamente e que nos tratamentos não inoculados, os que receberam adubação nitrogenada, apresentaram menor número de nódulos, confirmando o efeito negativo desta adubação na nodulação. Ainda, Araújo et al. (2007), avaliando diferentes tratamentos com e sem inoculação, não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos com inoculação e com o uso de nitrogênio mineral para os caracteres peso seco da parte aérea, número de grãos por legume e número de legumes por planta. Do mesmo modo, Pelegrin et al. (2009), verificaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para nodulação (número e matéria seca de

nódulos) e peso seco da parte aérea, porém o rendimento de grãos foi superior no tratamento com a aplicação de 160 kg.ha⁻¹ de N mineral foi superior.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a substituição do nitrogênio mineral pela inoculação na semeadura não ocasionou perdas nos caracteres relacionados à produtividade. Mohammadi et al. (2013), verificaram que a inoculação em feijão foi superior aos tratamentos onde não foi utilizado qualquer fertilizante ou somente nitrogênio químico (uréia) para os caracteres número de legumes por planta, número de grãos por legume e produtividade. Para Brito, Muraoka e SILVA (2011), a fixação simbiótica de N₂ em feijão-caupi submetido à inoculação pode substituir totalmente a adubação nitrogenada, inclusive a dose de arranque (semeadura).

Tabela 4 – Média entre dois sistemas de cultivo para os caracteres número de nódulos total (NNT), peso seco da parte aérea (PSA em gramas), comprimento da raiz (CPR em centímetros), dias para o florescimento (DIF) e ciclo de planta (CIC) - estádio R6, estatura de planta (EST em centímetros), diâmetro do caule (DIA em milímetros), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legume (NGL) e número de grãos totais (NGT) - estádio R9, de genótipos de feijão cultivados em dois ambientes

Sistema	NNT		PSA		CPR		DIF		CIC	
	A1 ¹	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Convencional (Uréia)	8,2b	43,4a	3,8a	10,3a	18,9a	33,4a	41,8a	41,3a	90,7a	97,2a
Não convencional (Inoculante)	12,7a	42,7a	2,9b	9,6a	18,8a	33,3a	41,0a	41,2a	90,2a	97,0a
Sistema	EST		DIA		NLP		NGL		NGT	
	A1 ¹	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Convencional (Uréia)	29,5a	36,2a	5,1a	8,7a	8,3a	15,1a	4,3a	2,9a	36,3a	44,2a
Não convencional (Inoculante)	28,5a	35,9a	4,6b	8,8a	6,1b	14,5a	4,0a	3,1a	24,5b	44,4a

*Médias não seguidas pela mesma letra na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (valor p = 0,05).
1Ambientes: A1: Maquiné; A2: Santa Rosa.

Provavelmente, a resposta do feijoeiro à inoculação com rizóbios depende de vários fatores entre eles, a susceptibilidade do genótipo à inoculação, à dose de fertilizante sendo usada na comparação e as condições ambientais de cultivo. Em ambientes onde as condições ambientais são desfavoráveis durante o cultivo, como ocorrido em Maquiné, a inoculação ou o uso de nitrogênio mineral podem obter resultados distintos e pode afetar a produtividade final. Nesse caso, a criação de cultivares específicas adaptadas aos ambientes similares, pode ser uma alternativa. Com isso, pode-se promover a melhoria das variedades na qualidade da fixação em ambientes desfavoráveis, podendo inclusive beneficiar indiretamente os ambientes favoráveis, uma vez que, essas mesmas variedades podem ser recomendadas para essas regiões. A obtenção de

genótipos adaptados e com maior capacidade de fixação de nitrogênio pode ser demorada, então, em curto espaço de tempo, poderia ser possível que nesses ambientes, seja realizada a inoculação combinada com a aplicação de nitrogênio mineral, reduzindo parcialmente o uso de uréia, ou no futuro, a substituição total. A adubação nitrogenada em cobertura mais inoculação com R. tropici gera produtividade semelhante à fertilização nitrogenada na semeadura e em cobertura (MOURA et al., 2009).

Outro aspecto interessante para auxiliar o incremento na fixação biológica de nitrogênio (FBN) em função do sistema de cultivo utilizado é o entendimento da relação entre os caracteres. Na estimativa da correlação, pode ser verificado que o houve efeitos significativos em grande parte dos caracteres avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 – Correlação de Pearson entre os caracteres número de nódulos total (NNT), peso seco da parte aérea (PSA em gramas), comprimento da raiz (CPR em centímetros), dias para o florescimento (DIF) e ciclo de planta (CIC), estatura de planta (EST em centímetros), diâmetro do caule (DIA em milímetros), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legume (NGL) e número de grãos totais (NGT), de genótipos de feijão cultivados em dois ambientes

	NNT	PSA	CPR	DIF	CIC	EST	DIA	NLP	NGL	NGT
NNT	-	0,467*	0,571*	0,358*	0,499*	0,003	0,301*	0,234*	-0,231*	0,391*
PSA		-	0,786*	0,288*	0,627*	0,357*	0,886*	0,595*	-0,535*	0,652*
CPR			-	0,390*	0,666*	0,120	0,662*	0,338*	-0,388*	0,525*
DIF				-	0,657*	-0,100	0,193*	0,246*	0,243*	0,343*
CIC					-	0,057	0,557*	0,226*	-0,071	0,569*
EST						-	0,430*	0,376*	-0,169	0,211*
DIA							-	0,666*	-0,442*	0,634*
NLP								-	-0,249*	0,709*
NGL									-	-
NGT										0,176*

*significativo pelo teste F ao nível de probabilidade de erro de 5%.

Deste modo, destaca-se o caráter número de nódulos que obteve correlação positiva e significativa com a maior parte dos caracteres (exceto o número de grãos por legume). De modo geral, pode ser dito que o incremento no ciclo de planta favorece o aumento no número de nódulos, a biomassa (peso seco da parte aérea), o diâmetro do caule e os caracteres relacionados ao rendimento de grãos. Além da melhoria da nodulação, o incremento em alguns dias no ciclo pode incrementar o rendimento de grãos. Segundo White (1989), na ausência de variações estacionais, que são características de estresses, em particular a seca e as temperaturas baixas, os genótipos de feijão com ciclo tardio rendem substancialmente mais do que os genótipos similares, porém de ciclo precoce.

Conclusões

Para o caráter número de nódulos totais (NNT) os genótipos SM0212, SH057, Pérola, SH0413, SH061, SP12072, e SM1010 podem ser considerados promissores. O sistema de cultivo teve influência do ambiente, este sendo mais pronunciado em Maquiné do que em Santa Rosa. O aumento no ciclo de planta promove o incremento no número de nódulos. É possível obter resultados satisfatórios para os caracteres agrônômicos avaliados com a substituição da adubação nitrogenada mineral de cobertura pela inoculação.

Agradecimentos

Agradecemos a FAPERGS e a FINEP, pelo apoio financeiro e a Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), na pessoa da Dra. Anelise Beneduzi da Silveira pela colaboração na obtenção dos inoculantes.

Referências

- ALCANTARA, R.M.C.M.; ROCHA, M.M.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. **Estado atual da arte quanto à seleção e o melhoramento de genótipos para a otimização da FBN**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 34 p. (Documentos,196)
- ANDRIOLO, J.; PEREIRA, P. A. A.; HENSON, R. A. Variabilidade entre linhas de formas silvestres quanto a características relacionadas com a fixação biológica de N₂. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 6, p. 831-837, 1994.
- ARAÚJO, F.F.; CARMONA, F.G.; TIRITAN, C.S.; CRESTE, J.E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície e incorporada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 507-514, 2005.
- BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; NODARI, R.O.; ELIAS, H.T.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; ROZZETTO, D.S. Rendimento de grãos em feijão preto: o componente que mais interfere no valor fenotípico é o ambiente. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 1974-182, 2009.
- BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S.; ALVAREZ, A. C. C.; KAMIMURA, K. M. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 473-481, 2009.
- BISCARO, G.A.; FREITAS JÚNIOR, N.A.; SORATTO, R.P.; KIKUTI, H. GOULART JÚNIOR, S.A.R.; AGUIRRE, W.M. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em

- solo de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, p. 665-670, 2011.
- BRITO, M.M.P.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária**. Brasília, ano XXII, n. 4, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1522&t=2>. Acesso em: 2014.
- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, 2013.
- CRUZ, E.A.; MOREIRA, G.R.; PAULA, M.O.; OLIVEIRA, A.C.M. Coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com tomate em ambiente protegido. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 8, p. 220-233, 2012.
- FARIA, A. P.; MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J.S.; SILVA, C.F.B.; DESTRO, D. Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 579-585, 2009.
- GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12 p. (Circular Técnica, 171).
- GONÇALVES, J.G.R.; CHIORATO, A.F.; MORAIS, L.K.; PERINA, E.F.; FARIAS, F.L.; CARBONELL, S.A.M. Estudo da estabilidade fenotípica de feijoeiro com grãos especiais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 922-931, 2010.
- FERREIRA, A.N.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C.; ARAÚJO, R.S.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 507-512, 2000.
- FRANCO, M.C.; CASSINI, S.T.A.; OLIVEIRA, V.R.; VIEIRA, C.; TSAI, S.M. Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1145-1150, 2002.
- HERRIDGE, D. F.; TURPIN, J. E.; ROBERTSON, M. J. Improving nitrogen fixation of crop legumes through breeding and agronomic management: analysis with simulation modelling. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 3, p. 391-401, 2001.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; NOGUEIRA, M.A. A pesquisa em fixação biológica do nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras. In: RELARE, 16., Londrina, 2012. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2012.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, p. 151-164, 2000.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, 2006. 638 p.
- McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v. 29, p. 353-360, 1989.
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I.R. (Eds.). **Atlas Climático do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2011.
- MERCANTE, F. M.; TEIXEIRA, M.G.; ABOUD, A.C.S.; FRANCO, A.A. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas. **Revista Universidade Rural: Série Ciência da Vida**, v. 21, n.1/2, p. 127-146, 1999.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Perfil do feijão no Brasil**. Disponível em: . Acesso em: 2012.
- MOHAMMADI, M.; SAFIKHANI, S.; ESMAEILI, A.; CHAICHI, M.R.; DASHTAKI, M. Effects of seed inoculation by *Rhizobium* strains on yield and yield components in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **International Journal of Biosciences**, v. 3, n. 3, p. 134-141, 2013.
- MOURA, J.B.; GUARESCHI, R.F.; CORREIA, A.N.; GAZOLLA, P.R.; CABRAL, J.S.R. Produtividade do feijoeiro submetido à adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium Tropici*. **Global Science and Technology**, v. 02, n. 03, p. 66-71, 2009.
- PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N, OTSUBO, A.A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 33, p. 219-226, 2009.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- SILVA, A.; ALMEIDA, J.A.; SCHMITT, C.; AMARANTE, C.V.T. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 548-554, 2012.
- STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G.; MERCANTE, F.M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F (Eds.). **Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.122-153.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, Redwood City, 1991.
- VIEIRA, N. M. B.; ANDRADE, J.B.; MOREIRA, F.M.S.; SILVA, V.M.P.; CARVALHO, A. J. Comportamento dos genótipos de feijoeiro em relação à adubação com nitrogênio mineral e inoculação com rizóbio. **Agropecuária Catarinense**, v. 18, n. 1, p. 57-61, 2005.

WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. Carboirdrate reserves and reproductive development at low leaf water potenciales in maize. **Crop Science**, v. 25, p. 762-769, 1985.

WHITE, J.W. Aspectos fisiológicos de la precocidade em el fríjon común. In: BEEBE, S. (Ed.). **Temas actuales en mejoramiento genético del frijón común**. Cali: CIAT, 1989. 465 p. Programa de Frijol, n. 47.

WRIGHT, G.C.; SMITH, R.G.; McWILLIAM, J.R. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I. Crop growth rate and yield response. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 34, p. 615-626, 1983.

Perspectivas de diversificação do espumante brasileiro

Wellynthon Machado da Cunha¹, Esther Theisen Gabbardo², Silvia Tiburski³,
Marcos Gabbardo⁴

Resumo – O espumante brasileiro, nos últimos doze anos, apresentou crescimento em sua produção e comercialização superior a 350% e pode-se observar a constante evolução de sua qualidade. O objetivo deste trabalho é apresentar as tendências existentes no mercado atual que possibilitem explorar o bom momento do espumante brasileiro e expandir seus limites. Para isso, foram apontadas cultivares potenciais para sua diversificação, como 'Manzoni Bianco' e 'Ribolla Gialla', além de regiões distintas, técnicas diferenciadas de espumantização e insumos enológicos. Uma das novidades é a possibilidade de produção na Campanha Gaúcha, já conhecida pela produção de uvas e vinhos tintos de boa qualidade. No aspecto técnico, aborda-se a evolução dos métodos “Charmat curto” e “Charmat longo” na produção de espumantes de qualidade, além de outras técnicas como a micro-oxigenação na tomada de espuma, a “espumantização direta” e a tendência mercadológica do espumante rosé. Entre os insumos, estão as resinas de intercâmbio de cátions, que favorecem o aumento da acidez de um vinho e diminuição do pH. Todos estes fatores associados representam importantes iniciativas para que o espumante brasileiro possa consolidar seu espaço no cenário global e alcançar novos mercados.

Palavras-chave: Tendências. Espumantização. Cultivares. Vinho. Enologia.

Perspectives for diversifying the Brazilian sparkling wine

Abstract – The Brazilian sparkling wine, in the last twelve years, grew in their production and marketing top 350 % and can observe the constant evolution of its quality. The objective of this paper is to present the trends in the current market that allow exploring the good moment of Brazilian sparkling wine and expand its limits. For this, potential cultivars for their diversification, as 'Manzoni Bianco' and 'Ribolla Gialla' were identified and different regions, techniques and oenological technics inputs. One new feature is the possibility of producing in “Campanha Gaúcha”, already known for producing grapes and red wines of good quality. On the technical aspect addresses the evolution of methods "short Charmat" and "long Charmat" the production of sparkling quality, besides other techniques like microoxygenation in making foam, "direct sparkling" and market trend of sparkling rose. Among the inputs, are the exchange resins, which help increase the acidity of a wine and decreasing pH. All these initiatives are important factors associated to the Brazilian sparkling wine can consolidate their place in the global scenario and reach new markets.

Keywords: Trends. Foam formation. Cultivars. Wine, Enology.

Introdução

O vinho espumante tem uma atmosfera toda particular, feita de elegância e fineza, que, por outro lado, exige uma perfeição sensorial e estética (MANFROI, 2009). Os vinhos espumantes compreendem um amplo tipo de vinhos, segundo as variedades de uva empregadas, regiões onde são produzidos, e sistemas utilizados em sua elaboração, que os fazem ser muito distintos entre eles (TOGORES, 2011).

A produção mundial de espumantes é pequena se comparada à elaboração de outros tipos de vinhos, porém, é bastante impactante para a indústria enológica do ponto de vista econômico em razão do valor agregado na maioria dos vinhos (CALIARI et al., 2013).

O espumante brasileiro está em um processo de valorização através do incremento de sua qualidade e constante crescimento no mercado nacional, onde passam a ser mais vendidos os produtos locais do que

vinhos desse tipo importados. Isso se reflete na exibição dos maiores índices de crescimento recente, comparados a outros tipos de vinhos produzidos no país e em um aumento de mais de 350% na comercialização de espumantes nacionais, de 2001 a 2013, segundo dados do Instituto Brasileiro do Vinho (BOTTEGA, 2013).

Grande parte da produção local está no Rio Grande do Sul (RS), onde a Serra Gaúcha demonstra aptidão e excelência na elaboração deste produto, sem desconsiderar outras regiões que surgiram nos últimos anos, dentro e fora do estado. Apesar disso, não há uma diversificação do produto no que diz respeito às suas características, visto que muito se verifica a aptidão de cultivares utilizadas na Serra Gaúcha, como 'Chardonnay' e 'Pinot Noir', em outras localidades e pouco se aposta em novas possibilidades, como a busca de diferentes cultivares potenciais.

Manuscrito submetido em 31/08/2014 e aceito para publicação em 27/01/2015

¹Acadêmico do Curso de Enologia da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus Dom Pedrito. Rua 21 de abril, 80, Dom Pedrito/RS, CEP 96450-000. E-mail: wellynthon2@gmail.com;

²Acadêmica do Curso de Enologia da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus Dom Pedrito. Rua 21 de abril, 80, Dom Pedrito/RS, CEP 96450-000. E-mail: esther_theisen@hotmail.com;

³Acadêmica do Curso de Enologia da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus Dom Pedrito. Rua 21 de abril, 80, Dom Pedrito/RS, CEP 96450-000. E-mail: silviatiburski@gmail.com;

⁴Enólogo, Prof. Dr. UNIPAMPA-Dom Pedrito. Rua 21 de abril, 80, Dom Pedrito/RS, CEP 96450-000. E-mail: mgabbardo@yahoo.com.br.

Este trabalho tem como objetivo elencar perspectivas de diversificação ao espumante brasileiro, fazendo uma abordagem técnica do produto, apresentando possibilidades para diferenciação do mesmo e obtenção de características singulares, através de distintas regiões, cultivares e abordagens em torno de aspectos de produção.

O espumante brasileiro na atualidade

Segundo Bottega (2013), o desempenho comercial de empresas do RS em 2013 dá conta de que de 2010 a 2013, houve um crescimento superior a 200% em relação ao consumo de espumantes nacionais, e este número é ainda maior levando em conta regiões vitivinícolas fora do estado, como Planalto Catarinense e o Vale do São Francisco.

Comparando o período de julho de 2012 a junho de 2013 com os mesmos meses entre 2011 e 2012, houve um aumento de 7,74% na comercialização de espumantes feita por empresas do RS, com o consumo de 11,2 milhões de litros, e um crescimento mais relevante ainda na venda de espumantes moscatéis (14,78%), com 3,5 milhões de litros comercializados (BOTTEGA, 2013).

Na atualidade, a Serra Gaúcha representa a maior produção de espumante brasileiro, onde destaca seu produto através de campanhas publicitárias e consolida sua qualidade em concursos nacionais e internacionais de degustação. A Serra Gaúcha é a mais tradicional e importante região produtora de vinhos do país (RIZZON et al., 2011; GIOVANNINI, 2009) e isto se expressa também em relação à elaboração de espumantes, com a existência do município de Garibaldi por exemplo, com cerca de 50 vinícolas instaladas, sendo considerada a “Terra do Champagne” brasileira (NIEDERLE e VITROLLES, 2010).

Os espumantes brasileiros são, na sua maioria, processados com variedades de uvas destinadas a esse fim em regiões de clima moderado, como 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' (CALIARI et al., 2013). Niederle e Vitrolles (2010) destacam em seu trabalho estudos que colocam a Serra Gaúcha, através de suas características edafoclimáticas, como uma ótima região para produção de uvas destinadas à elaboração de espumantes, sobretudo 'Riesling Itálico', 'Chardonnay' e 'Pinot Noir'.

'Riesling Itálico' é originária da Europa, introduzida por volta de 1900 na Estação Agronômica de Porto Alegre, de onde se difundiu para a Serra Gaúcha, ganhando notoriedade em 1970 quando começou a ser utilizada para a produção de espumantes (RIZZON et al., 2011). Atinge, em média, 15 a 17 graus Brix e acidez total de 90 a 110 meq L⁻¹, sensível às podridões e ao oídio, moderadamente sensível ao míldio e resistente à antracnose. Produz vinho branco, varietal fino, frutado, de consumo breve, podendo ser usado para espumante (GIOVANNINI, 2014).

'Chardonnay' é uma cultivar de sabor simples a aromático, dependendo do clone, atingindo 15 a 17 graus Brix e acidez total de 80 a 100 meq L⁻¹. 'Pinot Noir' possui um alto potencial de produção de açúcar, porém dificilmente amadurece completamente devido às condições climáticas do sul do Brasil, atingindo teor de sólidos solúveis de 15 a 17 graus Brix e acidez total de

100 a 120 meq L⁻¹. Seu melhor uso é na vinificação em branco visando à elaboração de espumantes. Os clones franceses recomendados para espumante são: 236, 386, 521, 665, 666, 743, 779, 780, 792, 870, 871 e 927 (GIOVANNINI, 2014). Além destas, deve-se compreender a importância de 'Prosecco' (Glera), utilizada principalmente para processamento pelo método “Charmat” e 'Moscato Giallo' e 'Moscato Branco', com destinação a espumantes moscatéis (CALIARI et al., 2013).

No entanto, deve-se fazer uma abordagem criteriosa em relação à total procedência de uvas empregadas na elaboração de vinhos-base para espumantes da Serra Gaúcha, visto que há investimentos na Serra do Sudeste, como cita Giovannini (2009) e na Campanha Gaúcha, atraídos pela possibilidade de mecanização e baixo preço das terras, sendo possível produzir uvas de excelente grau de maturação.

Possibilidades de diversificação do espumante brasileiro

Perspectivas de diversificação do espumante brasileiro surgem com o intuito de imprimir ao produto características singulares, que possam diferenciar o vinho nacional no mercado global. A qualidade é reconhecida, porém existe um grande campo a ser explorado, incentivado pelo crescimento da sua demanda de mercado e aumento de seu consumo.

Kunz et al. (2010) destacam o grande potencial do país para a elaboração de espumantes de alta qualidade, com destaque para o espumante da Serra Gaúcha apresentando parâmetros de acidez comparáveis a obtidos na região de Champagne. Como trata a revisão de Gama (2013), a standardização do vinho leva necessariamente à padronização, que é a antítese de tudo que o vinho prega e oferece.

Esta diversificação não se limita, no entanto, a Serra Gaúcha, outras regiões como a Campanha Gaúcha, a Serra do Sudeste do RS e o Vale do São Francisco, bem como a implantação de cultivares pouco conhecidas no Brasil e de grande potencial, como 'Manzoni Bianco' e 'Ribolla Gialla,' representam importantes ações que podem estabelecer uma expressão nova ao espumante brasileiro.

Regiões

A Campanha Gaúcha é uma das regiões vitivinícolas mais importantes do Brasil, que produz vinhos finos tranquilos e espumantes há alguns anos e vem denotando bastante qualidade. A baixa acidez encontrada, em geral, em vinhos da Campanha Gaúcha é um dos principais fatores prejudiciais à região, tendo em vista que nesta pode-se atingir maiores níveis de maturação, como citam Kunz et al. (2010). Essas condições climáticas propiciam um maior acúmulo de açúcar nas bagas e maior produção de compostos fenólicos, características que favorecem a elaboração de vinhos de qualidade superior (PÖTTER et al., 2010).

Pela proximidade com o Uruguai, tradicional produtor de vinhos tintos, onde se destaca a cultivar Tannat, a Campanha Gaúcha é classificada com muito potencial para elaboração de vinhos tintos. Porém, como

discute Giovannini (2009) a região é bastante extensa, havendo diferentes tipos de solo, tornando incapaz a caracterização desta região como simples produtora de uvas tintas, sendo que é possível através de formas de manejo adequadas, aliadas às condições da região, a produção de uvas para processamento de espumante.

Na Campanha Gaúcha também se produzem vinhos brancos tranquilos e espumantes de boa qualidade, como se pode observar através de empreendimentos vinícolas que estão investindo em tecnologia e viticultura de qualidade, a fim de obter uvas capazes de gerar excelentes vinhos de distintas tipologias.

As condições de seca que podem ocorrer no verão aliadas a um manejo correto e ao relevo da região, podem propiciar um maior acúmulo de açúcares e evitar perda de acidez, como comprovam Regina et al. (2010) em seu trabalho, no qual houve uma diminuição da acidez total dos vinhos-base entre uma safra e outra, em função de um maior índice de chuvas. Entretanto, dificuldades são encontradas na Campanha Gaúcha em safras chuvosas como 2013/2014, com diminuição nos teores de açúcar e acidez.

Kunz et al. (2010) destacam que na Campanha Gaúcha a cultivar Chardonnay atinge um grau de maturação muito mais avançado em comparação à mesma na Serra Gaúcha, porém gera características indesejáveis no vinho-base produzido a partir delas, tomando como referência as ideias de Champagne, pela sua menor acidez.

Para a obtenção de uma maior acidez nestas uvas, é possível proceder a colheita de forma fracionada ou até mesmo antecipada, para obter uvas de maior acidez, visto que com as condições de clima e solo, o ciclo de algumas cultivares precoces pode ser ainda menor. Giovannini (2014) defende a colheita fracionada, de três a quatro passadas, como é feita nos grandes vinhedos europeus, onde se retiram das videiras somente as uvas maduras.

Próximo a Campanha Gaúcha está localizada a Serra do Sudeste, a qual o início dos plantios também é recente, e destacam-se os municípios de Pinheiro Machado e Encruzilhada do Sul, onde existem investimentos vindos de grupos consagrados na Serra Gaúcha, atraídos pela facilidade de mecanização, devido ao relevo suave e preço das terras (GIOVANNINI, 2009).

Esta região possui características climáticas similares a Serra Gaúcha, no entanto apresenta diferenças em relação ao solo (GIOVANNINI, 2009; POERNER et al., 2010). Com o objetivo de caracterizar e diferenciar vinhos-base provenientes da Serra Gaúcha e da Serra do Sudeste do RS, Poerner et al. (2010) desenvolveram um trabalho analisando duas cultivares: 'Chardonnay' e 'Pinot Noir', e foram obtidos resultados satisfatórios na Serra do Sudeste, podendo ser considerada uma região potencial para produção de uvas destinadas a esse fim.

Como demonstrado, a vitivinicultura no estado está atingindo novas regiões e isso vem diferenciando a qualidade das uvas e vinhos oriundos destas. Também é importante considerar o desenvolvimento de locais fora do RS, que há algum tempo, fazem parte do cenário nacional.

O Planalto Catarinense, ou Serra Catarinense, é uma região de muita altitude, variando entre 900 e 1.400 m,

onde estão os vinhedos mais altos e em clima mais frio do Brasil. Os solos são rasos, pedregosos e com teor alto de matéria orgânica e argila. Os principais municípios pertencentes à esta são São Joaquim, Lages, Paineira, Bom Retiro do Sul e Urubici (GIOVANNINI, 2009).

Constata-se que em Santa Catarina, a produção de espumantes cresceu 647% de 2007 a 2010, onde eram produzidos 7.897 litros e passaram a ser processados 58.950 litros.

Além do Planalto Catarinense, outra região brasileira também merece destaque pelo seu desempenho nos últimos anos. O Vale do São Francisco, situado no nordeste brasileiro (GIOVANNINI, 2009), e representa cerca de 15% da produção nacional, sendo a segunda área em produção do país, atrás apenas do RS (PEREIRA, 2013).

Estudos de Regina et al. (2010) têm outro escopo, buscaram avaliar a qualidade de uvas 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' em Minas Gerais, destinadas à elaboração de espumantes, nas cidades de Cordislândia (873m de altitude) e Caldas (1150 m de altitude). De acordo com as análises efetuadas, a temperatura ambiental mais elevada no município de Cordislândia contribuiu para maior degradação do ácido málico e maior acúmulo de sólidos solúveis totais das bagas. A cultivar Pinot Noir não alcança índices de maturação satisfatórios no município de Caldas e a maior altitude desta cidade influencia no melhor equilíbrio entre sólidos solúveis e acidez total das uvas 'Chardonnay', chegando a atingir mais de 120 meq L⁻¹.

Cultivares

As uvas empregadas à elaboração de espumantes no Brasil são conhecidas internacionalmente, como citam Caliari et al. (2013), e são utilizadas para o mesmo fim em muitos países, principalmente 'Chardonnay' e 'Pinot Noir'. Apesar dos bons resultados, esta realidade pode representar uma dificuldade no momento de estabelecer uma expressão única e identidade singular do espumante brasileiro no cenário global.

A diversificação do produto pode gerar uma tipicidade ao espumante brasileiro, aspecto discutido por Miele (2006), pois, o vinho relaciona-se à variedade de uva que o originou e também ao *terroir*; termo que abrange fatores ambientais, como solo e clima, aliados a características varietais e de cultivo, envolvendo desde práticas culturais adotadas pelo viticultor até técnicas empregadas pelo vinicultor (BRIGHENTI et al., 2014).

Visando a diversificação do produto no cenário vitivinícola brasileiro, sugere-se o emprego de cultivares, como 'Manzoni Bianco' e 'Ribolla Gialla'.

'Manzoni Bianco', ou 'Incrocio Manzoni', é uma cultivar de uva branca obtida pelo Prof. Luigi Manzoni, Diretor da Escola de Enologia de Conegliano, na década de 1930. Esta cultivar é um cruzamento entre 'Pinot Bianco' e 'Riesling Renano' (NICOLINI et al., 2002).

Apresenta brotação tardia, possui bom equilíbrio entre açúcar e acidez, tem opção de desenvolver fermentação malolática, atingindo uma graduação alcoólica desejável e uma produtividade não muito elevada. Seu ciclo é curto, demorando menos dias para atingir sua maturação tecnológica em comparação com a cultivar Chardonnay. Possui fatores que podem

representar uma melhor adaptação às características brasileiras de produção, bem como: maior resistência a podridões em relação a Chardonnay, Gewurztraminer, Pinot Grigio e Pinot Meunier, apresentando resistência média a Míldio e Oídio e boa resistência ao frio (NICOLINI et al., 2002).

Dados de Nicolini et al. (2002) também comprovam que a acidez total de mostos de 'Manzoni Bianco', expressa em g L^{-1} de ácido tartárico, chegou de $8,59 \text{ g L}^{-1}$ até $9,06 \text{ g L}^{-1}$ e a concentração de açúcares de $17,68$ a $18,14$ graus Babo, e mesmo que se deva considerar uma certa diminuição da acidez ao longo da vinificação e por diferenças edafoclimáticas decorrentes da região do Trentino, norte da Itália, os índices ficariam de acordo com os apontados por Poerner et al. (2010) em vinhos-base de 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' oriundos da Serra Gaúcha e da Serra do Sudeste do RS, os quais obtiveram valores entre $6,6 \text{ g L}^{-1}$ e $7,47 \text{ g L}^{-1}$ em ácido tartárico. Da mesma maneira, como das análises de Kunz et al. (2010), que constataram valores de acidez total de vinhos-base 'Chardonnay' produzidos na Serra e na Campanha Gaúcha entre $6,15 \text{ g L}^{-1}$ e $8,85 \text{ g L}^{-1}$ expressa em ácido tartárico. Outra afirmação dos teores médios encontrados na região foi feita por Rizzon et al. (2011) de vinhos-base Riesling Itálico que atingiram acidez titulável média entre $5,175 \text{ g L}^{-1}$ e $5,775 \text{ g L}^{-1}$ em ácido tartárico.

O potencial enológico desta cultivar é de vinhos de elevada qualidade, boa acidez e frescor, com aromas finos, florais e ligeiramente frutados; ótima estrutura e bons resultados na elaboração de espumante (RAUSCEDO, 2007). Para Nicolini et al. (2002), possui potencial para boa graduação alcoólica e alta acidez, notas florais e de especiarias (características de 'Riesling Renano') e baixos teores de linalol, sendo que as concentrações de linalol e geraniol podem subir em áreas quentes.

'Ribolla Gialla' é considerada uma cultivar “de fronteira”, devido à sua difusão na Eslovênia (fronteira com a Itália), onde recebe diferentes sinonímias e é bastante consumida. Tem bastante aceitação na Itália na região de Friuli-Venezia Giulia, nas províncias de Gorizia e Udine, produzindo vinhos renomados na região do Collio também. Possui bom vigor, com porte de vegetação semi-ereto, prefere climas frescos, ventilados e terrenos montanhosos bem expostos; sua produtividade é discreta e constante e possui sensibilidade à algumas podridões, principalmente podridão cinzenta (*Botrytis cinerea*); no entanto, possui boa resistência à geadas tardias (RAUSCEDO, 2007).

Sua utilização é destinada exclusivamente para vinificações (ITÁLIA, 2014) e seu potencial enológico é de vinhos de ótima acidez e frescor, pouco encorpados, com aromas finos e florais (RAUSCEDO, 2007).

Os estudos de Camargo et al. (2004) sugerem alternativas de uvas destinadas ao processamento de espumantes para a região do Vale do São Francisco, como 'Flora' e 'Malvasia Bianca'. A cultivar Flora surge como uma opção para a elaboração de espumante brut, devido à sua alta acidez total e baixo pH, enquanto 'Malvasia Bianca' é proposta como alternativa aos espumantes moscatéis.

Técnicas de elaboração e insumos enológicos

Aspectos técnicos de produção também são levados em conta ao buscar possibilidades de diversificação dos vinhos espumantes produzidos no Brasil. Uma tendência que está recebendo boa aceitação do consumidor global é o espumante rosé, com utilização de uvas Pinot Noir, Malbec, Merlot, entre outras, sendo atraente pela coloração com tons rosados, aromas frutados e frescor em boca.

Outra questão abordada é a variabilidade na elaboração de vinho espumante pelo método Charmat: “Charmat Curto”, designando procedimentos padronizados neste tipo de vinificação e “Charmat Longo”, onde após a tomada de espuma o líquido permanece um maior tempo em contato com as leveduras.

A opção entre “Charmat Curto” e “Charmat Longo” está diretamente relacionada com o perfil sensorial buscado pelo enólogo e com o valor final do produto. O método “Charmat Curto” pode ter aromas frutados e características jovens e seu tempo de elaboração é mais curto, pois após a segunda fermentação, o vinho está praticamente pronto para ser encaminhado às operações finais, enquanto o “Charmat Longo” pode ter características semelhantes a um espumante “Champenoise” (MANFROI, 2009).

Faz-se também um debate a respeito de produtos comerciais à base de autolisado de leveduras utilizados para maturação do espumante, sendo vinificado pelo método Champenoise ou por “Charmat longo”. No mercado, existem insumos com autolisados grosseiros, ou seja, que não especificam a quantidade de polissacarídeos totais contida no produto, e outros feitos através frações peptídicas, que propiciam uma maior liberação de manoproteínas e outros polissacarídeos, com dosagem exata dessas substâncias, para assim conferir suas características desejáveis ao vinho, como estabilidade da espuma e suavidade em boca, de acordo com Togoeres (2011).

Uma técnica alternativa que tem apresentado resultados interessantes é o uso do oxigênio, em doses controladas, durante a tomada de espuma, que favorece o enriquecimento das membranas celulares em substâncias lipídicas úteis para a melhoria da resistência aos fatores de estresse durante a tomada de espuma. No caso dos espumantes elaborados pelo método Charmat, esta incorporação inicia juntamente com o pé de cuba e vai até o momento em que se fecha a válvula de pressão da autoclave. Já no caso do espumante elaborado pelo método tradicional – também conhecido como Champenoise, onde a tomada de espuma e todas as operações a partir do vinho base acontecem na garrafa champanhiera (MANFROI, 2009) – o aporte de oxigênio é realizado durante o pé de cuba propriamente dito (BARTOLINI et al., 2008).

Bastante particular é o uso de oxigênio em vinhos frisantes e espumantes rosés, evitando problemas de redução derivados do consumo posterior do oxigênio por parte dos compostos fenólicos e das leveduras durante a segunda fermentação (BARTOLINI et al., 2008). A incorporação do oxigênio durante a tomada de espuma permite obter vinhos espumantes com maior intensidade de aromas frutados e abertura aromática, evitando assim

o uso de sulfato de cobre.

Outra metodologia que vem sendo utilizada recentemente é a “espumantização direta”, onde não há a elaboração de um vinho-base e posterior tomada de espuma (duas fermentações), e sim uma única fermentação, proveniente dos açúcares da própria uva, conservando o gás carbônico desta fermentação até o engarrafamento.

Esta metodologia é similar à forma de elaboração dos “vinos de aguja” (vinhos da Agulha), tratados por Togores (2011) e propicia ao espumante, características mais jovens e notas frutadas, podendo preservar aromas vindos da própria uva. O grande desafio do enólogo na “espumantização direta” é conseguir atingir a pressão mínima de quatro atmosferas a 20 °C, como estabelece o Decreto nº 10.970, de 12 de novembro de 2004 (KUNZ et al., 2010), e manter o gás carbônico até o momento do envase.

Além dessas técnicas, uma alternativa que vem sendo empregada nos últimos anos são as resinas de intercâmbio de cátions para a estabilização tartárica dos vinhos e também na redução de pH e aumento na acidez total, retendo íons de cálcio e potássio, pois segundo Fogaça et al. (2007), vinhos com altos valores de pH são resultantes, principalmente, de uvas com valores excessivos de potássio e podem comprometer a sua conservação. Alternativa bastante interessante para regiões como a Campanha Gaúcha, que sofre com a baixa acidez de seus vinhos.

As resinas ocasionam uma imediata redução do pH e podem ser mais eficientes neste quesito do que a adição de ácido tartárico, sugerida por Fogaça et al. (2007), pois causam o decréscimo na quantidade desses íons, levando em torno de seis horas para sua atuação completa (ANDRADE, 2012). As resinas de intercâmbio de cátions surgem como interessante ferramenta para realização do processo de estabilização tartárica e também quando é desejada a diminuição dos valores de pH e consequente aumento da acidez.

Conclusão

O espumante brasileiro é um produto de alta qualidade e a Serra Gaúcha já conquistou seu espaço e se consagrou em virtude de possuir características capazes de produzir uvas destinadas a esse fim e elaborar vinhos de alta gama. Entretanto, o mercado demanda a diversificação na produção de espumantes, com diferentes cultivares, com o intuito de dar ao Brasil um destaque neste ramo na vitivinicultura mundial.

A discussão em torno das iniciativas que podem ser tomadas na busca da diversificação e diferenciação dos espumantes brasileiros nos mostram diferentes alternativas que aguardam a aposta dos empreendedimentos e técnicos do setor. Além de que fica demonstrada a necessidade de estudos complementares em torno das alternativas propostas neste trabalho.

Referências

ANDRADE, J. **Estabilização tartárica de vinhos tintos por combinação de nanofiltração e permuta catiônica**. 2012. 76p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Biotecnologia – Universidade Católica

Portuguesa, Porto, Portugal.

BARTOLINI, A.B.; CAVINI, F.; BASQUIAT, M.D.; **Ossigeno e Vino. Dal ruolo dell'ossigeno alla técnica della micro-ossigenazione**. Firenzi. Parsec Edizione. 298 pg. 2008.

BOTTEGA, L. Vitivinicultura no Rio Grande do Sul: produção e mercado – safra 2013. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n. 5, p. 104-108, 2013.

BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L.; BRIGHENTI, E.; PORRO, D.; STEFANINI, M. Desempenho vitícola de variedades autóctones italianas em condição de elevada altitude no Sul do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 49, n. 6, p. 465-474, 2014.

CALIARI, V.; ROSIER, J. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. Vinhos espumantes: métodos de elaboração. **Evidência-Ciência e Biotecnologia-Interdisciplinar**, v. 13, n. 1, p. 65-77, 2013.

CAMARGO, U. A.; AMORIM, F. M.; GUERRA, C. C.; LIMA, M. V. D. O. Introdução e avaliação de novas cultivares para vinho no Vale do São Francisco. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE PESQUISA: A PRODUÇÃO DE VINHOS EM REGIÕES TROPICAIS, 1., 2004, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 97-101.

FOGAÇA, A; DAUDT, C; DORNELES, F. Potássio em uvas. II – análise peciolar e sua correlação com a quantidade de potássio em uvas viníferas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p.597-601, 2007.

GAMA, F. C. B. Vinho: globalização e fragmentação - do vinho boutique ao vinho shopping Center. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n. 5, p. 96-102, 2013.

GIOVANNINI, E. Videira. In: GIOVANNINI, E. MANFROI, V. **Viticultura e enologia: Elaboração dos grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. Bento Gonçalves: IFRS, 2009. p. 21-41.

GIOVANNINI, E. **Manual de Viticultura**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 253p.

ITÁLIA. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. Registro Nazionale delle Varietà di Vite: Ribolla Gialla. 2012. Disponível em: <<http://catalogoviti.politicheagricole.it/scheda.php?codice=208>> Acesso em: 18 mar 2014

KUNZ, J. C.; RÉVILLION, J. P.; NETO, E. K.; ZANUS, M. C.; MANFROI, V. Caracterização físico-química de mostos e vinhos base para a elaboração de Espumantes. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n. 2, p. 75-82, 2010.

MANFROI, V. Elaboração de espumantes. In: GIOVANNINI, E. MANFROI, V. **Viticultura e enologia: Elaboração dos grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. Bento Gonçalves: IFRS, 2009. p. 307-321.

MIELE, A. Técnicas de análise sensorial de vinhos e espumantes. Toda Fruta. 2006. Disponível em: <www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/> Acesso em: 27 abr. 2014

NICOLINI, G.; MALOSSINI, U.; RONCADOR, I.; VERSINI, G.; MOSER, S.; CARLIN, S. Características vitícolas-agronômicas e aromáticas del Manzon bianco in Trentino. **Terra trentina**, v. 6, n. 1, p. 31-35, 2002.

NIEDERLE, P. A.; VITROLLES, D. Indicações Geográficas e qualificação no setor vitivinícola brasileiro. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 18, n. 1, p. 5-55, 2010.

PEREIRA, G. E. Os vinhos tropicais em desenvolvimento no Nordeste do Brasil. **ComCiência**, n. 149, 2013.

POERNER, N.; RODRIGUES, E.; CELSO, P. G.; MANFROI, V.; HERTZ, P. F. Diferenciação analítica de vinhos-base para espumantes de duas regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, 2010.

PÖTTER, G. H.; DAUDT, C. E.; BRACKAMANN, A.; LEITE, T. T.; PENNA, N. G. Desfolha parcial em videiras e seus efeitos em uvas e vinhos Cabernet Sauvignon da região da Campanha do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 2011-2016, 2010.

RAUSCEDO, V. C. **Catálogo Generale Vitis Rauscedo**. Udine, Itália, 2007.

REGINA, M. A.; CARMO, E. L.; FONSECA, A. R.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; LAJOLO, F. M.; RIBEIRO, A. P.; MOTA, R. V. Influência da altitude na qualidade das uvas 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, 2010.

RIZZON, L. A.; SCOPEL, G.; MIELE, A. Características analíticas de vinhos Riesling Itálico da Serra Gaúcha. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n. 3, p. 18-23, 2011.

TOGORES, J. H. **Tratado de Enología II. 2 ed.** Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2011. 845p.

Atividade fotoquímica em mudas de jacarandá submetidas ao déficit hídrico

Natiele Sandrini Celovane¹, Jadson Bonini Zampirolo², Thais Silva Costa³, Clodoaldo Leites Pinheiro⁴, Diolina Moura Silva⁵, Elisa Mitsuko Aoyama⁶, Antelmo Ralph Falqueto^{7,8}

Resumo – O jacarandá-da-Bahia [*Dalbergia nigra* (Vell) Fr.Allem], espécie nativa da Mata Atlântica, apresenta alto potencial para uso em projetos de restauração florestal. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da variação diária da radiação fotossinteticamente ativa e da temperatura sobre parâmetros da fluorescência da clorofila *a* em mudas de Jacarandá-da-Bahia submetidas a dois tratamentos: T1 (controle) e T2 (déficit hídrico por 7 dias). Foram usadas mudas com cerca de 90 dias de idade cultivadas em vasos plásticos contendo solo. Após 45 dias de aclimação, aplicaram-se os tratamentos. Em T2, o déficit hídrico foi aplicado por suspensão total da irrigação. As avaliações fisiológicas foram realizadas ao longo do dia (das 6h às 18h). O déficit hídrico causou uma redução significativa da fluorescência máxima (F_m) e da área acima da curva da fluorescência. Além disso o déficit hídrico intensificou os efeitos da alta temperatura e irradiação sobre a conectividade energética das subunidades do fotossistema II (FSII) e da estabilidade do complexo de evolução do oxigênio (CEO), evidenciados pelos valores elevados e positivos da banda-L e banda-K nos horários de maior incidência. Por fim, os efeitos do déficit hídrico foram mais evidentes sobre a estabilidade do CEO.

Palavras-chave: *Dalbergia nigra*. Banda-L. Banda-K. Fluorescência da clorofila. Reflorestamento

Photochemical activity in jacarandá seedlings submitted to water deficit

Abstract – The jacarandá-da-Bahia [*Dalbergia nigra* (Vell) Fr.Allem], native specie of Mata Atlântica, shows a high potential to use in forestry restoration. The objective of this study was evaluate the influence of the daily variation of both active photosynthetic radiation and temperature on chlorophyll *a* fluorescence parameters in jacarandá-da-bahia seedlings submitted to two treatments: T1 (control) and T2 (water deficit during seven days). It was used seedling with approximately 90 days old cultivated in plastic pots contend soil. After 45 days of acclimation, the treatments were applied. In T2, the water deficit was applied by total suspension of irrigation. The physiological evaluations were made a long of the day (from 6h to 18h). The water deficit caused a significant reduction of the maximal fluorescence (F_m) and in Area above the fluorescence curve. Furthermore, the water deficit improved the effects of the high temperature and irradiance on the energetic connectivity and of oxygen evolution complex (CEO) stability, evidenced by the high and positive values of L-band and K-band in those day time with higher incidence. Finally, the effects of water deficit were more evident on the CEO stability.

Key-words: *Dalbergia nigra*. L-band. K-band. Chlorophyll fluorescence. Reforestation

Introdução

Desde a colonização portuguesa no Século XIX até a atualidade, a deterioração ambiental dos ecossistemas brasileiros tem sido crescente e resultou na valorização de projetos visando a recuperação de áreas deterioradas pelos setores produtivos. Entretanto, o sucesso de um projeto de recuperação depende da adoção de alguns critérios básicos, dentre eles, o conhecimento da tolerância das espécies à disponibilidade hídrica

(MARTINS, 2009). O déficit hídrico do solo é um dos fatores abióticos de estresse que mais limita o crescimento e o desenvolvimento das plantas, resultando em grandes perdas na produtividade agrônômica e florestal (PAIVA et al., 2005; GOMES et al., 2012; WANG et al., 2015).

Análises *in vivo* da fluorescência da clorofila *a* tem sido amplamente utilizadas para avaliar as respostas

Manuscrito submetido em 22/09/2014 e aceito para publicação em 05/08/2015

¹Biólogo, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus, ES, Brasil.

²Biólogo, Mestrando em Biodiversidade Tropical, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus, ES, Brasil.

³Bióloga, MSc. em Biodiversidade Tropical, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus, ES, Brasil.

⁴MSc. em Biodiversidade, Doutorando em Botânica, Embrapa Pecuária Sul, Rodovia BR-153, Km 603, Vila Industrial, Zona Rural, Caixa Postal 242, CEP 96401-970, Bagé, RS, Brasil.

⁵Bióloga, DSc. em Fisiologia Vegetal, Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, CEP 29075-910 Vitória, ES, Brasil.

⁶Bióloga, DSc. em Botânica, Professora do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus, ES, Brasil.

⁷Biólogo, DSc. em Fisiologia Vegetal, Professor do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus, ES, Brasil.

⁸Autor para correspondência: antelmofalqueto@gmail.com

fisiológicas das plantas às condições de deficiência hídrica. Segundo Mehta et al. (2010), por ser uma técnica não invasiva e com alta sensibilidade na identificação de alterações fisiológicas do sistema fotossintético, a fluorescência da clorofila *a* é amplamente empregada em estudos que monitoram e selecionam espécies e genótipos tolerantes ao estresse hídrico. A curva de indução da fluorescência da clorofila *a* apresenta um comportamento polifásico sendo registrada durante 1 minuto de exposição da amostra a um pulso de luz saturante (aproximadamente 3000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). O transiente OJIP consiste numa sequência de passos denominados O, J, I e P, obtidos aos 50 μs , 2, 30 e 500 ms, respectivamente. Diferenças na conectividade energética entre unidades do fotossistema II (FSII) e a estabilidade do complexo de evolução do oxigênio (CEO) associado ao FSII, avaliados por meio da análise das bandas-L e K, respectivamente, podem ocorrer em situações onde o aparato fotossintético responde sensivelmente ao estresse hídrico, como observado por Oukarroum et al. (2007), estudando tolerância diferencial em cultivares de cevada (*Hordeum vulgare* L.). Em mudas de seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) com um ano de idade, desvios positivos para as bandas L e K foram observados após 28 e 36 dias de déficit hídrico para a variedade RRM600 e FX3864, respectivamente, evidenciando a maior tolerância da variedade FX3864 ao déficit hídrico (SILVA JUNIOR, 2014).

Estudos prévios têm mostrado que o déficit hídrico combinado com altas temperaturas reduz a eficiência fotoquímica do FSII e aumenta a propensão à fotoinibição, como descrito por Lemos-Filho (2000) e Lu et al. (2003). Em adição, Dias e Marengo (2007) analisaram os efeitos da alta luminosidade e temperatura na atividade fotossintética em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) e acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.) e verificaram que em temperaturas de até 38°C, a alta luminosidade determinou a severidade da fotoinibição da fotossíntese. Além disso, aumentos nos valores da fluorescência inicial (F_0) em irradiâncias e temperaturas moderadas ocorreram durante a recuperação das plantas à fotoinibição, o que foi associado à recuperação mais rápida da fotoinibição.

O jacarandá-da-Bahia, espécie exclusiva da Mata Atlântica, é encontrado nos estados da Bahia e São Paulo (CARVALHO, 2003) e, em função da sua alta taxa de regeneração em ambientes alterados, apresenta alto potencial para uso em projetos de restauração florestal (RÊGO; POSSAMAI, 2003). Entretanto, o sucesso do cultivo dessa espécie bem como de outras essências depende do conhecimento à cerca da sua silvicultura, por meio do qual é possível o aperfeiçoamento do sistema de produção de mudas de melhor qualidade com o resultante do potencial de sobrevivência e crescimento após transplantio a campo (CARNEIRO, 1995; NOVAES et al., 2002; SILVA et al., 2012). Nesse contexto, este trabalho objetivou avaliar a influência da variação diária da radiação fotossinteticamente ativa e da temperatura sobre os parâmetros fotossintéticos em mudas de Jacarandá-da-Bahia, submetidas ao déficit hídrico.

Material e Métodos

Aquisição das mudas e aplicação do tratamento: o experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal do Espírito Santo / Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus – ES. Mudanças de Jacarandá-da-Bahia [*Dalbergia nigra* (Vell) Fr. Allem], com cerca de 90 dias de idade, foram transplantadas para vasos plásticos preenchidos com 3 kg de solo classificado como Argissolo Amarelo Coeso de textura média, conforme Embrapa (2006). Após 45 dias de aclimação, as mudas foram submetidas a dois tratamentos: T1 (plantas irrigadas diariamente, por meio da adição de 200 mL de água diariamente) e T2 (suspensão da irrigação por sete dias).

As avaliações fisiológicas foram realizadas em folíolos localizados no terço médio do terceiro par de folhas a contar do ápice, a cada duas horas ao longo do dia, sendo a primeira medição realizada às 06h e a última às 18h.

Teor relativo de água na folha (TRA), umidade do solo (m3/m3) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA): o TRA das folhas foi calculado de acordo com Távora; Ferreira; Hernandez (2001) com modificações. Seis discos foliares (5 mm de diâmetro) foram pesados, em conjunto, em balança analítica (Bioprecisa FA-2104N) para a obtenção do peso fresco (Pf).

Posteriormente, os conjuntos de discos foram submetidos à saturação em água destilada, em placas de Petri, à temperatura ambiente e luz constante por 24 horas. Após esse período, os discos foram novamente pesados para a obtenção do peso túrgido (Pt). Em seguida, os conjuntos de discos foram levados para estufa a 65°C, por um período de 24 horas. Após secagem, os discos foram pesados para obtenção do peso seco (Ps), em gramas. O TRA foi calculado pela expressão: $\text{TRA} = [(Pf - Ps) / (Pt - Ps)] \times 100$, expresso em %. A umidade do solo foi monitorada com o auxílio de um sensor de umidade (Decagon Devices, modelo PC-1), instalado no centro dos vasos, na profundidade de 10 cm. RFA foi determinada com auxílio de um sensor quântico (LI-250A, LI-COR, USA).

Fluorescência da clorofila *a*: a fluorescência transiente da clorofila *a* foi medida utilizando-se um fluorômetro portátil Handy-PEA (Hansatech Instruments, Norfolk, UK). Previamente às leituras, as folhas foram adaptadas ao escuro por 30 minutos, por meio de cliques foliares apropriados (Hansatech, UK). Um pulso de luz saturante de 3000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi usado para gerar a fluorescência máxima nas amostras.

Os sinais de fluorescência (entre F_0 e F_m) foram registrados a partir de 10 μs até 1 s. As intensidades de fluorescência registradas aos 50 μs (considerada como fluorescência inicial, F_0), 100 μs , 300 μs , 2 ms (F_J), 30 ms (F_I) e a fluorescência máxima (F_m) foram registradas (STRASSER, SRIVASATAVA e GOVINDJEE, 1995).

Análise estatística: O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições para o TRA, US, RFA e temperatura e dez repetições para as avaliações da fluorescência da clorofila *a*. Os dados foram submetidos à análise de

variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Para a obtenção dos transientes OJIP da fluorescência da clorofila a, o software Biolyser 4HP (Biolyser © R. M. Rodriguez, The Bionenergetics Laboratory, University of Geneva, Geneva, Switzerland, versão 3.06) foi usado.

Resultados

O teor relativo de água (TRA) reduziu significativamente ($p \leq 0,05$) ao longo do dia em T1 e foi significativamente ($p \leq 0,05$) menor em T2 em todos os horários avaliados (Figura 1A). A umidade do solo (US)

reduziu cerca de 39% ao longo do dia em T1, com valores significativamente menores ($p \leq 0,05$) as 14 e 18 horas. US foi significativamente maior em T1 ($p \leq 0,05$) comparativamente aos observados em T2 (Figura 1A). A variação de US ao longo do dia em T2 não foi significativa ($p \geq 0,05$). Em ambos os tratamentos, a redução da US ocorreu principalmente entre 10 e 14 h, período onde foram registradas as maiores temperaturas do ar e maior radiação fotossinteticamente ativa (Figura 1B). Sintomas visuais de murcha e queda de folíolos foram observados após 7 dias de suspensão da irrigação nas plantas submetidas ao estresse hídrico.

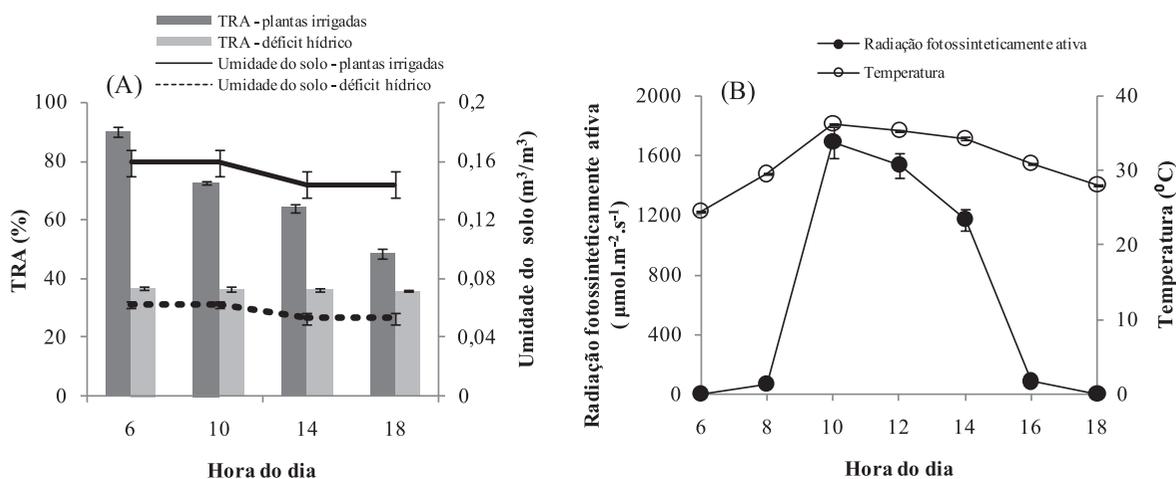


Figura 1 – (A) Teor relativo de água (TRA) e umidade do solo (m³/m³); (B) radiação fotossinteticamente ativa (RFA μmol.m⁻².s⁻¹) e Temperatura (°C) ao longo do dia. As barras verticais indicam erro padrão (n = 5)

As curvas da fluorescência da clorofila a mostraram um aumento OJIP polifásico típico em todos os horários avaliados, com os pontos J e I bem definidos (Figura 2A-B). Entretanto, ao longo do dia, observaram-se reduções nos pontos J, I e P em ambos os tratamentos, sendo mais evidentes nos horários de maiores RFA e temperatura (entre 12 e 16h). Diferenças na produção da

fluorescência inicial (F_0) foram pouco claras entre os tratamentos enquanto reduções na fluorescência máxima (F_m) foram notáveis em T2, principalmente a partir das 12 h. Reduções em F_m nestes mesmos horários também foram observadas em T1, mas em menor amplitude. A Área acima da curva entre F_0 e F_m também foi menor em T2 (Figura 2A-B).

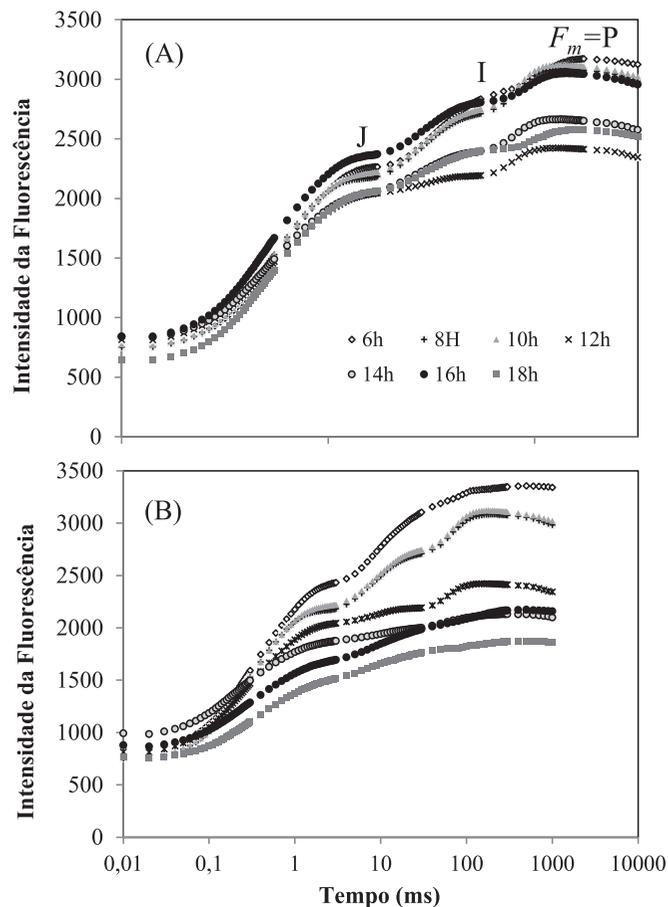


Figura 2 - Intensidade da fluorescência transiente da clorofila *a* em folhas adaptadas ao escuro de mudas de Jacarandá-da-Bahia submetidas à irrigação diária (A) e ao déficit hídrico por 7 dias (B). Medidas foram realizadas a cada duas horas ao longo do dia (n=10)

O estresse hídrico realçou os efeitos da alta temperatura e irradiação sobre a conectividade energética das subunidades do FSII e da estabilidade do CEO, evidenciados pelos valores elevados e positivos da banda-L e banda-K as 12, 14 e 16h em T2, com total recuperação (valores negativos) das curvas da banda-L as 18h (Figura 3B).

Sob déficit hídrico (T2), as alterações na banda-K foram mais acentuadas, comparativamente à banda-L (Figura 3D). As 16 h, a amplitude da banda-K permaneceu muito positiva comparativamente à banda-L neste mesmo horário (Figuras 3B e 3D).

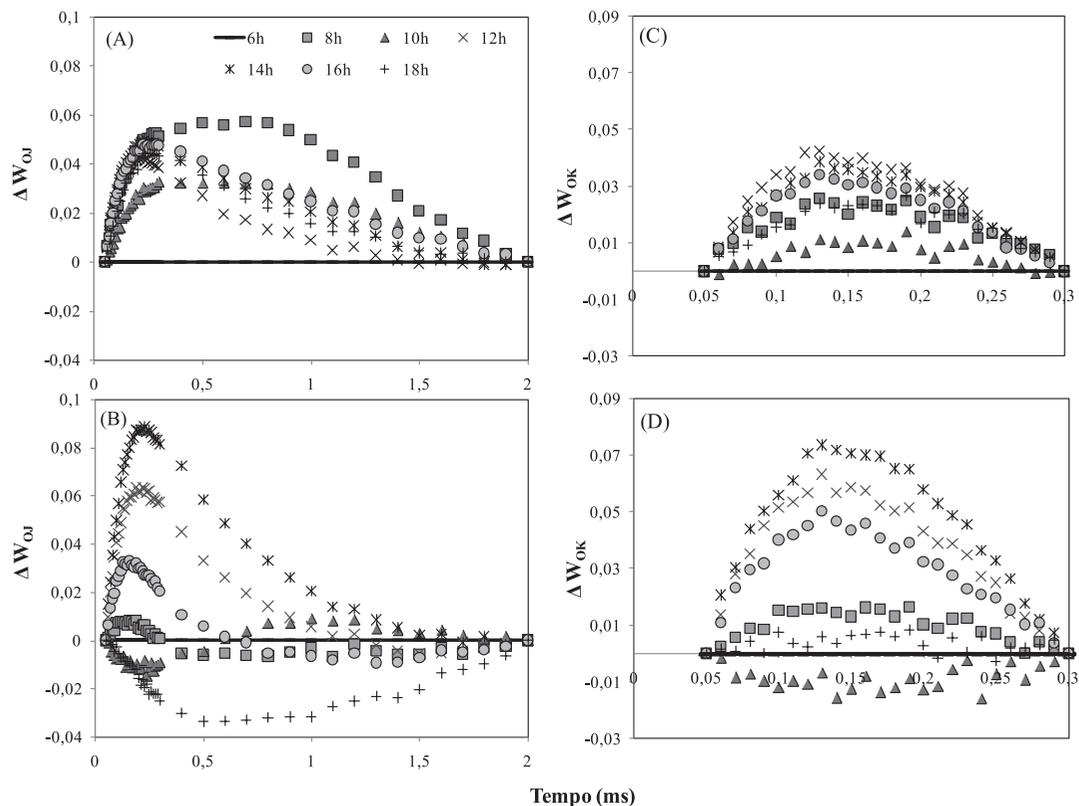


Figura 3 - Mudança na forma da curva do transiente da fluorescência da clorofila a normalizada entre O e K ($\Delta W_{OK} = W_{OK}(\text{déficit hídrico}) - W_{OK}(\text{plantas irrigadas})$) e entre O e J ($\Delta W_{OJ} = W_{OJ}(\text{déficit hídrico}) - W_{OJ}(\text{plantas irrigadas})$), evidenciando as bandas-K (A-B) e L (C-D), respectivamente, em folhas adaptadas ao escuro de mudas de Jacarandá-da-Bahia submetidas ao déficit hídrico por 7 dias. Medidas foram realizadas a cada duas horas ao longo do dia (n=10)

Discussão

Este estudo foi realizado com o objetivo de elucidar alguns mecanismos fotoquímicos envolvidos nas respostas fisiológicas de mudas de jacarandá-da-bahia submetidas ao déficit hídrico durante 7 dias. Estudos dessa natureza possibilitam identificar o sítio de ação do fator de estresse sobre a cadeia transportadora de elétrons da fotossíntese. Embora tenham ocorrido reduções significativas ($p \leq 0,05$) em TRA ao longo do dia nas plantas irrigadas, é importante notar que às 18h, muito embora tenha sido observada diferença significativa, os valores de TRA foram muito próximos entre os tratamentos, evidenciando que o efeito de sete dias de supressão hídrica sobre TRA foi muito similar à variação hídrica correspondente a um dia. Por outro lado, a invariabilidade de TRA ao longo do dia para as plantas submetidas ao déficit hídrico (T2) pode ser atribuída aos baixos valores da condutância estomática, os quais permaneceram próximos a $10 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ao longo de todo o dia (dados não mostrados). Valores de condutância estomática próximos aos observados neste estudo foram obtidos por Oliveira; Fernandes; Rodrigues et al. (2005) e Vellini et al. (2008) em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris*) e em clones de Eucalyptus spp. em diferentes regimes hídricos, em casa de vegetação. O teor relativo de água na folha, o qual reflete a quantidade de água de um tecido comparada à máxima quantidade de água retida em um dado momento, tem influência direta no controle de inúmeros aspectos

fisiológicos nos tecidos vegetais, especialmente sobre o funcionamento do aparato fotossintético (LAWSON; BLATT, 2014).

O aumento polifásico típico das curvas OJIP observado em todos os horários avaliados é indicativo de que todas as amostras encontravam-se num estado fotossinteticamente ativo (MEHTA et al., 2010; YUSUF et al., 2010). Diferenças na produção da fluorescência inicial (F_0) foram pouco claras entre os tratamentos (Figura 2A-B). Reduções em F_m nestes mesmos horários também foram observadas nas plantas irrigadas diariamente, mas em menor amplitude. A Área acima da curva entre a mínima (F_0) e a máxima (F_m) fluorescência também foi menor com a supressão hídrica. Este parâmetro (Área) é um indicador do pool de aceptores de elétrons aptos para o fluxo de energia a partir do transporte de elétrons, incluindo Q_A , Q_B e *pool* de plastoquinonas (*PQ pool*) (STRASSER; SRIVASATAVA; GOVINDJEE, 1995). Neste sentido, as reduções na Área nas mudas de jacarandá-da-Bahia submetidas ao déficit hídrico indicam desbalanços entre o fluxo de elétrons do lado doador para o centro de reação (RC) e deste para o lado receptor (Q_A) do FSII (STRASSER, 1997). Efeitos da salinidade e do congelamento em plantas do gênero *Crataegus*, avaliados por meio da curva OJIP, foram similares aos apresentados pelas mudas de Jacarandá-da-Bahia sob déficit hídrico, onde reduções da fluorescência máxima

foram registradas em *Crataegus*, demonstrando que, de maneira geral, o padrão das respostas da curva OJIP em plantas submetidas a condições de estresse é semelhante para as distintas espécies (PERCIVAL; FRASER, 2001).

A fluorescência relativa entre os pontos O e K [50 e 300 μ s, respectivamente = $V_{OK} = (F_t - F_0)/(F_K - F_0)$] (Figura 3A-B) e entre os pontos O e J [50 μ s e 2 ms, respectivamente = $V_{OJ} = (F_t - F_0)/(F_J - F_0)$] (Figura 3C-D) foi normalizada e é apresentada como a diferença cinética $\Delta V_{OK} = V_{OK(treatment)} - V_{OK(control)}$ e $\Delta V_{OJ} = V_{OJ(treatment)} - V_{OJ(control)}$, respectivamente. A diferença cinética ΔV_{OK} e ΔV_{OJ} torna visível as bandas L e K, respectivamente, com picos ao redor de 0,15 e 0,3 ms, respectivamente. Neste estudo, o estresse hídrico realçou os efeitos da alta temperatura e irradiação sobre a conectividade energética das subunidades do FSII, evidenciados pelos valores elevados e positivos da banda-L as 12, 14 e 16h nas plantas submetidas ao déficit hídrico, com total recuperação às 18h. A banda-L é um indicador da conectividade energética ou agrupamento das unidades do FSII (STRASSER; STIBERT, 1998).

De acordo com Yusuf et al. (2010), a banda-L pode assumir valores tanto positivos quanto negativos, considerando as diferenças na conectividade energética entre tratamento e controle. Quando positiva, menor conectividade é observada entre as unidades do FSII (STRASSER e STIRBET, 1998). Por outro lado, maior conectividade reflete um melhor uso da energia de excitação e maior estabilidade do sistema fotossintético (STRASSER; SRIVASTAVA; TSIMILLI-MICHAEL, 2004).

Neste estudo, a avaliação da banda-K mostrou maior sensibilidade do complexo de evolução do oxigênio (CEO) (Figura 3C-D). Sob déficit hídrico as alterações na banda-K foram mais acentuadas, comparativamente à banda-L, sendo registradas em todos os horários do dia. Dessa maneira, as mudas submetidas a 7 dias de supressão hídrica apresentaram maior inibição do CEO em relação àquelas irrigadas diariamente, e associado a este fato, um maior desequilíbrio do lado doador de elétrons. As mudas com irrigação diária apresentaram banda-K somente nos horários de maior radiação fotossinteticamente ativa, sendo que no início da manhã (6h) e ao final do dia (18h) não foi registrada a presença da banda-K, sugerindo uma recuperação do lado doador de elétrons para o FSII destas mudas no final do dia e ao longo da noite.

Oukarroum, Schansker e Strasser (2009), têm sugerido que o aparecimento das bandas-L e K pode ser um excelente indicador potencial para a identificação de distúrbios fisiológicos em plantas. Ao avaliar os efeitos da seca e reidratação em dez variedades de cevada (*Hordeum vulgare* L.), Oukarroum et al. (2007) registraram a presença de bandas-L e K na fase de déficit hídrico em todas as variedades e relacionaram estas presenças à intolerância das variedades ao estresse hídrico. Mehta et al. (2010) analisando o efeito do estresse salino no FSII em folhas de trigo (*Triticum aestivum* L.) constataram uma redução na conectividade entre as unidades energéticas FSII (banda-L). Heerden, Swanepoel e Krüger (2007) analisando a modulação da fotossíntese em espécies de deserto (*Augea capensis* Thunb. e *Zygophyllum prismatocarpum* E. Meyer Sond ex.) também evidenciaram o aparecimento da banda-K e

L na fluorescência transiente em ambas espécies.

Em conclusão, os resultados deste estudo permitem afirmar que o déficit hídrico causou uma redução significativa em F_m e na Área acima da curva da fluorescência nas mudas de jacarandá-da-bahia. Além disso, o déficit hídrico intensificou os efeitos da alta temperatura e irradiação sobre a conectividade energética das subunidades do FSII e da estabilidade do CEO, evidenciados pelos valores elevados e positivos da banda-L e banda-K nos horários de maior incidência. Por fim, os efeitos do déficit hídrico foram mais evidentes sobre a estabilidade do CEO. Os resultados evidenciam a importância da irrigação diária para a atenuação dos efeitos da alta temperatura e irradiação sobre a atividade fotoquímica de mudas de jacarandá-da-Bahia, aumentando as chances de sucesso do transplante em áreas deterioradas e posterior recuperação.

Referências

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. 451 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa florestas, 2003. v. 1, p. 581-589.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Campina Grande, v. 42, p. 305-311, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

GOMES, M. T. G.; LUZ, A. C.; SANTOS, M. R.; BATITUCCI, M. C. P.; SILVA, D. M.; FALQUETO, A. R. Drought tolerance of passion fruit plants assessed by the OJIP chlorophyll a fluorescence transient. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 142, p. 49-56, 2012.

HEERDEN, P. D. R.; SWANEPOEL, J. W.; KRÜGER, G. H. J. Modulation of photosynthesis by drought in two desert scrub species exhibiting C3-mode CO₂ assimilation. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 61, p. 124-136, 2007.

LAWSON, T.; BLATT, M. R. Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. **Plant physiology**, Amsterdam, v. 164, n. 4, p. 1556-70, 2014.

LEMONS-FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 45-50, 2000.

LU, C.; QIU, N.; LU, Q.; WANG, B.; KUANG, B. PSII photochemistry, thermal energy dissipation, and the xanthophyll cycle in *Kalanchoë daigremontiana* exposed to a combination of water stress and high light. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 118, p. 173-182, 2003.

- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas:** ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Aprenda Fácil. 2009. 270 p.
- MEHTA, P.; JAJOO, A.; MATHUR, S.; BHARTI, S. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, Bari, v. 48, p. 16-20, 2010.
- NOVAES, A. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 675-681, 2002.
- OLIVEIRA, A.D.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.86-95, 2005.
- OUKARROUM, A.; EL MADIDI, S.; SCHANSKER, G.; STRASSER, R. J. Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLKJIP under drought stress and re-watering. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 60, p. 438-446, 2007.
- OUKARROUM, A.; SCHANSKER, G.; STRASSER, R. J. Drought stress effects on photosystem I content and photosystem II thermotolerance analyzed using Chi a I fluorescence kinetics in barley varieties differing in their drought tolerance. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 137, p. 188-199, 2009.
- PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, p. 161-169, 2005.
- PERCIVAL, G. C.; FRASER, G. A. Measurement of the salinity and freezing tolerance of *Crataegus* genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal Arboriculture**, Urbana, v. 27, n.05, p.233-245, 2001.
- RÊGO, G.M.; POSSAMAI, E. **Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* Vellozo) Leguminosae – Papilionoideae: produção de mudas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. p.1-3. (Comunicado Técnico, 106).
- SILVA, A.S. Crescimento e qualidade de mudas de Timbó e Dedaleiro cultivadas em solo contaminado por cobre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 881-886, 2012.
- SILVA JUNIOR, R.A. **Alterações fisiológicas em clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*) submetidas ao déficit hídrico**. Vitória: UFES, 2014. 46 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo.
- SILVA, R. F.; SAIDELLES, F. L. F.; KEMERICH, P. D. C.; STEFFEN, R. B.; SWAROWSKY, A.; STRASSER, R. J.; SRIVASATAVA, A. Govindjee. Polyphasic chlorophyll a fluorescence transient in plants and cyanobacteria. **Photochemistry and Photobiology**, Quebec, v. 61, p. 32-34, 1995.
- STRASSER, B.J. Donor side capacity of photosystem II probed by chlorophyll a fluorescence transients. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v. 52, p. 147-155, 1997.
- STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: PAPAGEORGIOU, G.; GOVINDJEE (Eds.). *Advances in Photosynthesis and Respiration*. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 2004. v. 19, p. 321-362.
- STRASSER, R. J.; STIRBET, A. D. Heterogeneity of photosystem II probed by the numerically simulated chlorophyll a fluorescence rise (O–J–I–P). **Mathematics and Computers in Simulation**, Brussels, v. 48, p. 3-9, 1998.
- TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NACL. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 441-446, 2001.
- VELLINI, A.L.T.T.; DE PAULA, N.F.; ALVES, P.L.C.A.; PAVANI, L.C.; BONINE, C.A.V.; SCARPINATI, E.A.; DE PAULA, R.C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.4, p.651-663, 2008.
- WANG, X.; VIGNJEVIC, M.; LIU, F.; JACOBSEN, S.; JIANG, D.; WOLLENWEBER, B. Drought priming at vegetative growth stages improves tolerance to drought and heat stresses occurring during grain filling in spring wheat. **Plant Growth Regulation**, Penrith, v.75, p. 677-687, 2015.
- YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLIMICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N. B. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.

Estaquia de *Physalis peruviana* em diferentes bandejas de poliestireno expandido e substratos

André Ricardo Zeist¹, Israel Felipe Lustosa da Silva², Renato Barros de Lima Filho², Édina Regina Neumann², Clevison Luiz Giacobbo³, Juliano Tadeu Vilela de Resende⁴

Resumo – No Brasil, *Physalis peruviana* tem sua produção agrícola limitada pela falta de informações técnicas de cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento de estacase desenvolvimento vegetativo de *P. peruviana*, utilizando diferentes bandejas de poliestireno expandido e substratos. Para execução do experimento, em esquema fatorial 3x4 (bandejas x substratos), testaram-se bandejas de poliestireno expandido (BPE) (isopor®), com número de células de [1- BPE1 (72); 2- BPE2 (128); e 3- BPE3 (200)], preenchidas com quatro diferentes substratos (S): [1- S1 (Mecplant®(M)); 2- S2 (areia lavada (A)); 3- S3 (Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%) (M+V)); e 4- S4 (Mecplant® (50%), e areia lavada (50%) (M+A)]. Avaliaram-se os tratamentos quanto às características porcentagem de estacas enraizadas (PE), comprimento do sistema radicular (CR), altura de muda (AM), diâmetro do colo (DC) e número de folhas verdadeiras (NF). Com base nos resultados obtidos e nas condições em que esta pesquisa foi realizada, não se verificou diferença apenas para a variável diâmetro do colo (DC), sendo que as demais variáveis foram favorecidas pelo uso de bandeja de poliestireno expandido (BPE), de 72 células e pelo uso do substrato resultante da combinação de substrato comercial Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%) (S4), demonstrando que a estaquia é uma boa alternativa para a propagação de estacas de *P. peruviana*.

Palavras-chave: Fisalis. *Solanaceae*. Propagação vegetativa.

Cutting of *Physalis peruviana* on different polystyrene traysand substrates

Abstract – *Physalis peruviana* in Brazil has its agricultural production limited by the lack of technical information about cultivation. The aim of this work was to evaluate the rooting of *P. peruviana* using different polystyrene trays and substrates. To run the experiment, in a 3x4 factorial design (trays x substrates), polystyrene trays (BPE) (Styrofoam®) were tested, with number of cells: [1- BPE1 (72); 2- BPE2 (128); and 3- BPE (200)], filled with four different substrates (S) [1-S1 (Mecplant® (M)); 2- S2 (washed sand (A)); 3-S3 (Mecplant® (50 %) and expanded vermiculite (50%) (M + V)); and 4-S4 (Mecplant® (50%) and washed sand (50%) (M + A)]. The treatments were evaluated as to the following parameters: percentage of rooted cuttings (PC), length of the root system (LR), seedling height (SH), stem diameter (SD) and number of true leaves (NL) based on the results obtained and the conditions in which. This research was performed, no differences were found between treatments only for the variable stem diameter (SD), whereas the other variables were favored by the use of expanded polystyrene tray (BPE), 72 cells and the resulting substrate combination Mecplant® commercial substrate (50%) and expanded vermiculite (50%) (S4), demonstrating the cuttings to be a good alternative for the propagation of cuttings of *P. peruviana*.

Key-words: Fisalis. *Solanaceae*. Vegetative propagation.

Introdução

Pertencendo à família *Solanaceae*, espécies do gênero *Physalis* são encontradas em extensas regiões subtropicais e temperadas do mundo (LICODIEDOFF et al., 2013). A espécie *Physalis peruviana*, nativa da Cordilheira dos Andes, caracterizada por produzir um fruto doce, com elevado teor de vitaminas A e C, ferro e fósforo (RODRIGUES et al., 2009; MENDOZA; RODRIGUEZ e MILLAN, 2012), é a mais conhecida e cultivada.

No Brasil, *P. peruviana* é popularmente conhecida

como joá-de-capote (MUNIZ et al., 2011) ou fisalis, tendo seu fruto comercializado em supermercados, principalmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Apesar do seu cultivo e comercialização estarem em ascensão no Brasil (FREITAS e OSUÑA, 2006), a produção brasileira é inferior à demanda para consumo, sendo a fruta importada da Colômbia por elevados preços (RODRIGUES et al., 2009). Uma das principais razões para a limitada produção nacional de *P. peruviana* é a falta de informações técnicas sobre seu cultivo

Manuscrito submetido em 24/09/2014 e aceito para publicação em 07/01/2015

¹Eng.º. Agr.º. 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, CEP 85040-080, Guarapuava – PR, Brasil. Telefone: (42) 98363823. E-mail: andre.zeist@bol.com.br

²Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Campus Cedeteg, Guarapuava – PR, Brasil. E-mails: israel.felipe30@gmail.com, renatinho_barros@yahoo.com.br, edynaneumann@gmail.com.

³Eng.º. Agr.º. Prof. Dr. Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Campus Chapecó, CEP 89813-140, Chapecó – SC, Brasil. E-mail: clevison.giacobbo@uffrs.edu.br

⁴Eng.º Agr.º, Prof. Dr. Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, Campus CEDETEG, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: jresende@unicentro.br

(MUNIZ et al., 2011).

A obtenção de mudas de qualidade é uma das etapas mais importantes para o cultivo de qualquer espécie (RODRIGUES et al., 2010). Para a produção de mudas de *P. peruviana*, pode-se adotar o método de propagação sexuada. No entanto, devido ao índice de variabilidade genética ser alto para a cultura, áreas de cultivo são desuniformes, sendo assim de elevada importância o cultivo por meio de propagação assexuada (LIMA et al., 2010).

A propagação assexuada por meio de estaquia é muito utilizada em cultivos agrícolas (FISCHER et al., 2008), em especial para a cultura de *P. peruviana*, que apresenta boa taxa de enraizamento. No entanto, além da aptidão genética em promover capacidade hormonal para emitir raízes (VILLA et al., 2003), o enraizamento de estacas pode depender de outros fatores, tais como condição fisiológica da planta matriz, tipo de estaca (CHALFUN e HOFFMANN, 1997), lesão realizada na base da estaca (TREVISAN et al., 2008), o ambiente em que se realiza a propagação (PIO et al., 2006) e o substrato a ser utilizado (YAMAMOTO et al., 2013).

Com o avanço das cadeias produtivas, surgiram novas técnicas e metodologias para a produção de mudas, deixando-se de lado o cultivo direto em canteiros no solo e adotando-se a técnica de produção de mudas em bandejas de poliestireno expandido (RODRIGUES et al., 2010). A utilização de recipientes inadequados para a produção de mudas pode influenciar negativamente o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, aumentando o tempo de permanência das mudas nos viveiros (VARGAS et al., 2011). Por outro lado, mudas produzidas em recipientes adequados, apresentam bom desenvolvimento vegetativo, além de bom índice de pega após o transplante (TRANI et al., 2004). De modo geral, o uso de bandejas de poliestireno expandido para a produção de mudas oferece a vantagem de poderem ser reutilizadas, favorecendo também a economia de substrato e espaço (BARBOSA et al., 2010). Podem-se encontrar no mercado diferentes modelos de bandejas de poliestireno expandido, variando conforme a disponibilidade de substrato por célula (SEABRA JÚNIOR et al., 2004).

Para ocorrer a formação de uma muda de qualidade, é necessária a utilização de substratos adequados, que forneçam os nutrientes essenciais (GUIMARÃES et al., 2011). A qualidade do substrato vai depender da estrutura física e química do composto (BARBOSA et al., 2010). Para enraizamento de estacas, um substrato mais adequado pode proporcionar um maior enraizamento e melhores distribuição e amoldamento das raízes (KLEIN; COHEN e HEBBE, 2000).

Os fatores que influenciam o enraizamento de estacas são bastante variáveis e sua atuação pode se dar de maneira isolada ou por interação (TREVISAN et al., 2008), sendo os recipientes e o tipo de substrato fatores de elevada importância para a propagação de mudas. Para *P. Peruviana* é praticamente inexistente em literatura informações técnicas para sua produção de mudas e cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento e desenvolvimento vegetativo de estacas de *P. peruviana* utilizando diferentes bandejas de poliestireno expandido e substratos.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Olericultura 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 metros. O clima do local segundo a classificação de Köppen é Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), temperado, sem estação seca definida, com verão quente e inverno moderado (WREGG et al. 2011).

Para execução do experimento, utilizou-se um compartimento de casa-de-vegetação tipo capela. O presente compartimento apresentava estrutura metálica de aço, com dimensões de 8,20 m de largura por 8,20 m de comprimento, 3,50 m de pé-direito e com cobertura de filme de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), com 150 µm de espessura. A casa-de-vegetação conta com resfriamento evaporativo do ar por meio de exaustor e água corrente em argila expandida, instalados em laterais opostas do compartimento.

Para obtenção das plantas matrizes foi realizada a semeadura de *P. peruviana* em 06 de setembro de 2013, em bandejas de poliestireno expandido (isopor®) de 200 células, contendo substrato comercial (Mecplant®) e cultivado por meio de sistema hidropônico. Quando as mudas apresentavam de 4-5 folhas verdadeiras expandidas (47 dias após a semeadura), as mudas foram transplantadas para recipientes plásticos de 10 L contendo solo peneirado, cobertos acima do solo, com uma camada de 3 cm de maravalha decomposta.

Aos 93 dias após o transplante, foram retiradas as estacas oriundas das brotações de diferentes partes das plantas matrizes. Após a segmentação, foram removidas as folhas e padronizadas três gemas por estaca. Com auxílio de um canivete, foram feitas duas lesões superficiais na base das estacas, e colocadas para enraizar em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4 (bandejas x substratos), testando-se bandejas de poliestireno expandido (BPE) (isopor®), com número de células de: [1- BPE1 (72); 2- BPE2 (128); e 3- BPE3 (200)], preenchidas com quatro diferentes substratos (S): [1- S1 (Mecplant®(M)); 2- S2 (areia lavada (A)); 3- S3 (Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%)(M+V)); e 4- S4 (Mecplant® (50%) e areia lavada (50%)(M+A)], em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, constituída cada repetição de 10 células.

Após, as bandejas de poliestireno expandido (isopor®), contendo o material propagativo, foram acondicionadas em câmara úmida tipo *floating*. A presente câmara úmida foi constituída por um *floating*, com a base revestida por um filme de polietileno preto, com o objetivo de acomodar uma lâmina de água de 0,03 a 0,04 m de altura, mantida durante o processo de germinação e desenvolvimento das mudas.

Após 52 dias, foram retiradas as estacas dos substratos e lavadas em água. Avaliaram-se os tratamentos quanto às características: porcentagem de estacas enraizadas (PE) – determinada por meio da proporção de estacas viáveis; comprimento do sistema radicular (cm) (CR) – determinada a partir da medida do comprimento da maior raiz, por meio de fita métrica; altura de muda (cm) (AM) – determinada a partir

da medida entre o substrato até o ápice das mudas, por meio de fita métrica; diâmetro do colo (mm)(DC) – determinado em base do diâmetro do colo, por meio da média da medição do colo no sentido transversal e longitudinal, com paquímetro digital (mm); e número de folhas verdadeiras (NF) – determinado por meio da contagem do número de folhas verdadeiras e expandidas.

Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade e homogeneidade e posteriormente submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando significativos, submetidos à comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados expressos em porcentagem foram transformados em arco seno de $(x/100)^{1/2}$, sendo analisados por meio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.7, 2014 (SILVA, 2014).

Resultados e Discussão

De acordo com os resultados, por meio da análise de variância ($p < 0.05$), verificou-se que para a variável diâmetro do colo (DC) nenhum dos diferentes fatores experimentais avaliados proporcionou diferença significativa, com diâmetro médio do colo de 15,30 mm. Para a variável porcentagem de estacas enraizadas (PE), constatou-se diferença isolada apenas para as médias do fator substrato (Tabela 1). Para a variável altura de muda (AM), constatou-se diferença apenas entre as médias dos fatores bandejas e substratos, sem ocorrer interação (Tabela 2). Já para as variáveis comprimento do sistema radicular (CR) (Tabela 1) e número de folhas verdadeiras (NF) (Tabela 2), houve interação significativa entre os diferentes tratamentos dos fatores testados.

Para todas as variáveis avaliadas, os resultados obtidos pelo tratamento substrato resultante da

combinação substrato comercial Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%)(S3) foram superiores ou similares aos resultados proporcionados pelos demais tratamentos. Já o tratamento substrato areia lavada (S2), para as variáveis analisadas, foi o que apresentou os piores resultados, com exceção para a variável comprimento da maior raiz (CR), onde o cultivo em areia lavada (S2) proporcionou superior valor (26,95), do que o enraizamento na combinação de Mecplant® (50%) e areia lavada (50%) (S4).

Para o fator número de células, bandeja de poliestireno expandido (BPE), contendo as células de maior dimensão [BPE: (72)], ou seja, com o menor número de células por bandeja, proporcionou os melhores resultados para as variáveis comprimento do sistema radicular (CR), altura de muda (AM) e número de folhas verdadeiras (NF), sendo que para as mesmas variáveis a utilização de bandejas de poliestireno expandido (BPE), de 200 células, proporcionou os piores resultados.

Em relação ao fator substrato, na média das bandejas de poliestireno expandido (BPE), para as variáveis porcentagem de enraizamento (PE) e número de folhas verdadeiras (NF), apesar de o tratamento substrato Mecplant®(S1) apresentar valores superiores, com respectivamente 89,16% e 5,28, o substrato não diferiu significativamente dos tratamentos combinações substratos Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%) (S3); e Mecplant® (50%) e areia lavada (50%) (S4). Enquanto que para as variáveis comprimento da maior raiz (CR) e altura de muda (AM), o tratamento combinação de substrato Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%) (S3) foi o que proporcionou resultados superiores significativos, com respectivamente 29,09 e 16,13 cm.

Tabela 1—Porcentagem de enraizamento (PE) e comprimento da maior raiz (CR) em estacas de *P. peruviana* utilizando de diferentes substratos (S) e bandejas de poliestireno expandido (BPE) de diferentes volumes de células. Guarapuava, PR, 2014.

Substrato	PE (%)				CR (cm)			
	BPE72	BPE128	BPE200	Média	BPE72	BPE128	BPE200	Média
S1(M)	90,00 Aa	92,55 Aa	85,50 Aa	89,16 a	34,87 Aab	25,50 Bb	21,35 Ca	27,24 ab
S2 (A)	47,50 Aa	50,00 Aa	47,50 Aa	48,33 b	32,50 Abc	28,87 Ba	19,47 Ca	26,95 b
S3 (M+V)	90,00 Aa	87,50 Aa	87,50 Aa	88,33 a	37,07 Aa	28,42 Bab	21,77 Ca	29,09 a
S4 (M+A)	80,00 Aa	75,00 Aa	82,50 Aa	82,50 a	31,47 Ac	25,40 Bb	22,70 Ba	26,52 b
Média	76,87A	78,75 A	75,62 A		33,98 A	27,05 B	21,32 C	
CV (%)	10,70				6,35			

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, para cada variável, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Fator bandejas de poliestireno expandido (BPE) –BPE 72: bandeja de poliestireno expandido de 72 células; BPE 128: bandeja de poliestireno expandido de 128 células; BPE 200: bandeja de poliestireno expandido de 200 células;

Fator substrato (S) – S1 (M): Mecplant®; S2 (A): areia lavada; S3 (M+V): Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%); S4 (M+A): Mecplant® (50%) e areia lavada (50%);

Tabela 2—Altura de muda (AM) e número de folhas verdadeiras (NF) estacas de *P. peruviana* utilizando de diferentes substratos (S) e bandejas de poliestireno expandido (BPE) de diferentes volumes de células. Guarapuava, PR, 2014.

Substrato	AM (cm)				NF			
	BPE 72	BPE 128	BPE 200	Média	BPE 72	BPE 128	BPE 200	Média
S1(M)	16,22 Aa	15,02 Aa	12,60 Aa	14,61 b	5,82 Aa	5,35 Aa	4,67 Ba	5,28 a
S2 (A)	12,20 Aa	10,62 Aa	9,80 Aa	10,87 d	3,27 Ab	1,82 Bb	1,50 Bb	2,20 b
S3 (M+V)	17,30 Aa	16,70 Aa	14,40 Aa	16,13 a	3,27 Ab	5,17 Aa	4,40 Ba	5,06 a
S4 (M+A)	14,30 Aa	12,87 Aa	10,05 Aa	12,41 c	5,35 Aa	5,32Aa	4,25 Ba	4,97 a
Média	15,01A	13,80 B	11,71 C		5,01 A	4,41 B	3,70 C	
CV (%)	5,85				7,18			

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, para cada variável, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Fator bandejas de poliestireno expandido (BPE) –BPE 72:bandeja de poliestireno expandido de 72células;BPE2 128: bandeja de poliestireno expandido de 128 células;BPE2 200: bandeja de poliestireno expandido de 200 células; Fator substrato (S) – S1 (M): Mecplant®; S2 (A): areia lavada; S3 (M+V): Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%); S4 (M+A): Mecplant® (50%) e areia lavada (50%);

Por meio de uma boa taxa de enraizamento de estacas > 75,62%, para todas as bandejas de poliestireno expandido (BPE), e > 82,50% para todos os substratos, exceto areia lavada (S2), demonstra que *P. peruviana* apresenta elevado potencial de propagação por meio de estacas, sem existir necessidade de aplicações exógenas de hormônios promotores de enraizamento. De acordo, com estudos realizados com propagação por meio de estaquia, por Souza Junior et al. (2008) com *Grevillea robusta* Machado et al. (2005) com *Vitis vinifera* X *Vitis rotundifolia*, não são todas as espécies que necessitam de aplicações exógenas de hormônios promotores de enraizamento, já existindo em algumas espécies determinada quantidade endógena de hormônios, capazes de promover o enraizamento.

Melhores resultados para bandeja de poliestireno expandido (BPE), de 72 células, para grande parte das variáveis avaliadas, coincidem com os resultados obtidos por Rodrigues et al. (2010) na produção de mudas de tomateiro, por Muniz et al. (2002) na produção de mudas de melancia, e por Trani et al. (2004) que, ao avaliarem o desenvolvimento de mudas de alface cv. Vera, verificaram que, entre as bandejas de poliestireno expandido (BPE) testadas, a que apresentava menor número de células, independente do tipo de substrato, contribuiu para um maior desenvolvimento vegetativo das mudas. Demonstrado não apenas para *P. peruviana*, mas também para outras culturas, sendo uma interessante alternativa para produtores, a utilização de bandejas de poliestireno expandido, com um menor número de células, com intuito de obter um melhor desenvolvimento das mudas.

O tamanho do recipiente na produção da muda afeta a formação do sistema radicular, influenciando o desenvolvimento, arquitetura e absorção de nutrientes pelas raízes. Pode-se considerar que um maior desenvolvimento vegetativo de mudas de *P. peruviana* propagadas por estaquia, em bandejas de poliestireno expandido de 72 células (BPE), é consequência de células com dimensões maiores, que comportam um maior volume de substrato, conseqüentemente disponibilizando maior quantidade de nutrientes e

espaço para desenvolvimento do sistema radicular das mudas. Ao contrário, menor desenvolvimento vegetativo de mudas propagadas em bandejas com célula de menor dimensão (128 e 200 células) pode ser consequência da redução do espaço poroso e maior competição por oxigênio (SEABRA JÚNIOR; GADUM e CARDOSO, 2004), uma vez que um sistema radicular restrito pode afetar negativamente parâmetros fisiológicos, vegetativos e produtivos (NESMITH e DUVAL, 1998).

Apesar do uso da areia como substrato ser recomendado no cultivo de hortaliças por ser um substrato de fácil manejo e baixa capacidade de troca iônica, não apenas no presente trabalho foram verificados resultados inferiores ou semelhantes aos piores para o substrato areia lavada (S2), sendo encontrados também por Ramos et al. (2003) com 'mirabolano' (*Prunus cerasifera* e Ehrn) e por Silva; Murakami e Bizão (2008) com carqueja (*Baccharis trimera* Less. DC.), que em todos os trabalhos, os autores constataram baixa taxa de enraizamento de estacas como substrato. O fator que pode ter influenciado em um menor nível de enraizamento das estacas quando utilizada areia lavada é que o substrato não favorece a manutenção da umidade, e o desenvolvimento vegetativo pode ter sido influenciado pelo fato de a areia lavada ser praticamente inerte em termos de disponibilidade de nutrientes minerais.

Resultados com destaque para a combinação de substrato comercial Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%) (S3) para as variáveis analisadas no presente trabalho podem ser explicados pelo fato de que o substrato comercial Mecplant® apresenta elevada capacidade de retenção de água e de troca catiônica (CTC) e pelo efeito benéfico da vermiculita expandida que, de acordo com Souza; Carniel e Fochesato (2006), contribui para uma elevada porosidade e capacidade de retenção de água do substrato. Sendo a vermiculita expandida um bom agente para a melhoria das condições físicas do substrato (DINIZ; GUIMARÃES e LUZ, 2006), com elevada porcentagem de macroporos, favorece uma boa retenção de umidade e evita a desidratação das estacas. Melhores resultados, quando

usufruída de vermiculita expandida, para enraizamento de estacas foram verificados também por Ramos et al. (2003) com 'mirabolano' (*Prunus cerasiferae* Ehrn), que favoreceu a obtenção de maior porcentagem de enraizamento e comprimento médio de raízes de estacas, por Pelizza et al. (2012) que, ao avaliarem a resposta ao enraizamento *ex vitro* de três cultivares de mirtilheiro (*Vaccinium Spp.*), constaram que os substratos vermiculita expandida de granulometria média, e Plantmax® + vermiculita expandida de granulometria favoreceram o enraizamento *ex vitro* de plântulas de mirtilheiro. Podendo um maior desenvolvimento do sistema radicular de *P. peruviana* promovido pelo tratamento combinação de substrato comercial Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%) (S3) explicar também bons resultados promovidos pelo mesmo tratamento para as variáveis de desenvolvimento da parte aérea.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que esta pesquisa foi realizada, é possível concluir que:

- o desenvolvimento radicular e vegetativo de estacas de *P. peruviana* é favorecido por bandeja de poliestireno expandido (BPE) de 72 células;

- dentre os substratos testados, a combinação resultante de substrato comercial Mecplant® (50%) e vermiculita expandida (50%) (M+V) é a melhor alternativa para o enraizamento de estacas de *P. peruviana*.

Referências

BARBOSA, C.K.R.; VALADARES, S.V.; BONFIM, F.P.G.; HONORIO, I.C.G.; MARTINS, E.R. Influência do substrato e do tamanho da célula de bandejas de poliestireno expandido no desenvolvimento de mudas e produção de calêndula (*Calendula officinalis* L). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.12, n.1, p.18-22, 2010.

CHALFUN, N.N.J.; HOFFMANN, A. Propagação do pessegueiro e da ameixeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.9, p.23-9, 1997.

DINIZ, K, A.; GUIMARÃES, S.T.M.R.; LUZ, J.M.Q. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.22, n.3, p.63-70, 2006.

FISCHER, D.L.O.; FACHINELLO, J.C.; ANTUNES, L.E.C.; TOMAZ, Z.F.P.; GIACOBBO, C.L. Efeito do ácido indolbutírico e da cultivar no enraizamento de estacas lenhosas de mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.289-21, 2008.

FREITAS, T.A.; OSUÑA, J.T.A. Efeito do substrato e da luminosidade na germinação de sementes de *Physalis angulata* L. (*Solanaceae*). **Revista Sitientibus**, Feira de Santana, v.6, n.2, p.101-104, 2006.

GUIMARÃES, I.P.; COELHO, M.F.B.; BENEDITO, C.P.; MAIA, S.S.S.; NOGUEIRA, C.S. R.; BATISTA, P.F. Efeito de diferentes substratos na emergência e vigor de plântulas de mulungú. **Bioscience Journal**,

Uberlândia, v.27, n.6, p.932-938, 2011.

KLEIN, J.D.; COHEN, S.; HEBBE, U. Seasonal variation in rooting ability of myrtle (*Myrtus communis* L.) cutting. **Scientia Horticulture**, Amsterdam, v.83, n.1, p.71-76, 2000.

LICODIEDOFF, S.; RIBANI, R.H.; CAMLOFSKI, A.M.O.; LENZI, M.K. Uso de análise de imagem para monitorar a diluição de *Physalis peruviana* polpa. **Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.56, p.467-474, 2013.

LIMA, C.S.L.; GONÇALVES, M.A.; TOMAZ, Z.F.P.; RUFATO, A.R.; FACHINELLO, J.C. Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de *physalis*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2472-2479, 2010.

MACHADO, M.P.; MAYER, J.L.S.; RITTER, M.; BIASI, L.A. Ácido indolbutírico no enraizamento de estacas semilenhosas do porta-enxerto de videira 'VR043-43' (*Vitis vinifera* x *Vitis rotundifolia*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.476-479, 2005.

MENDOZA, J.H.; RODRIGUEZ, A.; MILLAN, P. Caracterización físico química de La Uchuva (*Physalis peruviana*) em La Région de Silvia Cauca. **Revista Bioagro**, Barquisimeto, v.10, n.2, p.188-196, 2012.

MUNIZ, J.; KRETZSCHMAR, A.A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T.R.; MARCHI, T.; DUARTE, A.E.; LIMA, A.P.F.; GARANHANI, F. Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 830-838, 2011.

MUNIZ, M.F.B.; MARTINS, D.V.; PLÁCIDO, S.G.; SILVA, M.A.S. Produção de mudas de melancia em diferentes tipos de bandeja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.316, 2002.

NESMITH, D.S.; DUVAL, J.R. The effect of container size. **Hort Technology**, v.8, n.4, 495-498, 1998.

PELIZZA, T.R.; NASCIMENTO, D.C.; AFFONSO, L.B.; CAMARGO, S.S.; CARRA, B.; SCHUCH, M.W. Enraizamento de plântulas de mirtilheiro em condição *ex vitro* com diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.255-261, 2012.

PIO, R.; RAMOS, J.D.; CHALFUN, N.N.J.; GONTIJO, T.C.A.; MENDONÇA, V.; CARRIJO, E.P.; CHAGAS, E.A. Propagação de estacas apicais de figueira: diferentes ambientes, ácido indolbutírico e tipo de estaca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.5, p.1021-1026, 2006.

RAMOS, J.D.; MATOS, L.E.S.; GONTIJO, T.C.A.; PIO, R.; JUNQUEIRA, K.P.; SANTOS, F.C. Enraizamento de estacas herbáceas de 'Mirabolano' (*Prunus cerasifera* Ehrn) em diferentes substratos e concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-191, 2003.

RODRIGUES, D.S.; LEONARDO, A.F. G.; NOMURA, E.S.; TACHIBANA, L. GARCIA, V.A.; CORREA, C F. Produção de mudas de tomateiro em sistemas flutuantes com adubos químicos e água residuária de viveiros de

piscicultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 32-35, 2010.

RODRIGUES, E.; ROCKENBACH, I.I.; CATANEO, C.; GONZAGA, L.V.; CHAVES, E.S.; FETT, R. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.3, p.642-645, 2009.

SEABRA JÚNIOR, S.; GADUM, J.; CARDOSO, A.I.I. Produção de pepino em função da idade das mudas produzidas em recipientes com diferentes volumes de substrato. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.610-613, 2004.

SILVA, A.L.B.; MURAKAMI, D.M.; BIZÃO, N. Origem da estaca, recipiente e composição do substrato na produção de mudas de carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) DC.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.10, n.4, p.97-101, 2008.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT**: versão 7.7 beta. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01 de abril de 2014. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acesso em: 20 maio 2014.

SOUZA, P.V.D.; CARNIEL, E.; FOCESATO, M.L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.276-279, 2006.

SOUZA JUNIOR, L.; MARGUERITE, Q.; IVAR, W. Miniestaquia de *Grevilea robusta* A. Cunn. a partir de propágulos juvenis. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.4, p. 455-460, 2008.

TRANI, P.E.; NOVO, M.C.S.S.; CAVALLARO JÚNIOR, M.L.; TELLES, L.M.G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.290-294, 2004.

TREVISAN, R.; FRANZON, R.C.; FRITSCH NETO, R.; GONÇALVES, R.S.; GONÇALVES, E.D.; ANTUNES, E.C.A. Enraizamento de estacas herbáceas de mirtilo: influência da lesão na base e do ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.402-406, 2008.

VARGAS, F.S.; REBECCHI, R.J.; SCHORN, L.A.; FENILLI, T.A.B. Efeitos da mudança de recipientes em viveiro na qualidade de mudas de *Cassia leptophylla* Vogel, *Eugenia involucrata* DC e de *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.9, n.2, p.169-177, 2011.

VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN, N.N.J.; GONTIJO, T.C.A.; DUTRA, L.F. Propagação de amoreira-preta utilizando estacas lenhosas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.829-834, 2003.

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

YAMAMOTO, L.Y.; KOYAMA, R.; BORGES, W.F.S.; ANTUNES, L.E.C.; ASSIS, A.M.; RUFFO, R.S.

Substratos no enraizamento de estacas herbáceas de amora-preta Xavante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, p.15-20, 2013.

Resposta da microbiota do solo após aplicação de fertilizante organomineral e irrigação com água salina¹

Francisco Alexandre de Moraes², Luciano Colpo Gatiboni³, Gabriel Octávio de Mello Cunha², Daniel Alexandre Heberle², Bárbara Mafra de Araújo⁴

Resumo – Objetivou-se avaliar a influência em curto prazo da aplicação de fertilizante organomineral ou mineral e irrigação com água salina sobre a comunidade microbiana e a atividade enzimática do solo, além de monitorar alguns de seus atributos químicos. O experimento foi realizado em ambiente protegido com controle da temperatura do ar e da umidade do solo. O delineamento foi organizado em esquema fatorial 4 x 2, quatro salinidades crescentes da água de irrigação (0,1, 1,8, 3,6 e 7,2 dS m⁻¹) e dois tipos de fertilizante (organomineral e mineral). As unidades experimentais constaram de colunas de PVC preenchidas com solo, as quais foram incubadas e destruídas para análise aos 20 dias após a montagem. O solo foi mantido com umidade próxima a 90% da capacidade de campo, por meio de pesagens diárias das colunas e reposição da umidade perdida com as águas não salinas e salinas, em função dos tratamentos. A irrigação com águas de salinidade crescente aumentou a condutividade elétrica, o conteúdo de sódio trocável e o pH do solo, principalmente nas adjacências dos grânulos com aplicação de fertilizante organomineral em relação ao mineral. O carbono da comunidade microbiana e a atividade enzimática do solo foram influenciados negativamente pelo estresse salino/sódico. A presença de material orgânico no fertilizante organomineral não aumentou a capacidade da microbiota do solo em tolerar a salinidade e a sodicidade.

Palavras-chave: Comunidade microbiana do solo. Atividade enzimática do solo. Salinidade. Sodicidade.

Response of soil microbiota after application of organo-mineral fertilizer and irrigation with saline water

Abstract – This study aimed to evaluate short-term influence of application of organo-mineral or mineral fertilizers and using irrigation with saline water on microbial community and enzymatic activity of soil, besides monitor some of its chemicals attributes. The experiment was conducted in a protected environment, with controlled air temperature and soil moisture. It was arranged in a 4 x 2 factorial design, with four salinities of irrigation water (0.1, 1.8, 3.6, and 7.2 dS m⁻¹) and two types of fertilizer (organo-mineral and mineral). The experimental units consisted of PVC columns filled with soil, which were incubated and destroyed for analysis 20 days after the beginning of the experiment. The soil was kept with moisture close to 90% of field capacity, by measuring the weight of the columns in a daily basis and refilling the lost moisture with saline and non-saline waters, according to the treatments. The irrigation with saline water increased electrical conductivity, exchangeable sodium content, and pH of soil, especially in the adjacencies of granules with application of the organo-mineral fertilizer in relation to mineral. Carbon of microbial community and enzymatic activity of soil were negatively impacted by salt/sodic stress. The presence of organic material in the organo-mineral fertilizer did not increase ability of soil microbiota to tolerate salinity and sodicity.

Key-words: Soil microbial community. Soil enzymatic activity. Salinity. Sodicity.

Introdução

A comunidade microbiana desempenha um papel fundamental na manutenção da qualidade do solo, por estar envolvida em diversos processos bioquímicos como a decomposição da matéria orgânica, a formação de húmus e a reciclagem de nutrientes (ANDERSON e DOMSCH, 2010; BÜNEMANN et al., 2012; FENG et al., 2009). Levando-se em consideração que o crescimento e a atividade dos microrganismos são muito dependentes dos atributos edafoclimáticos, ambos podem ser utilizados como indicadores sensíveis das

alterações ocorridas no solo, mesmo em curto prazo (BOECHAT et al., 2012; KAUR et al., 2008).

A salinidade é um importante fator ambiental limitante ao crescimento dos microrganismos, pois a alta concentração de sais solúveis reduz o potencial hídrico do solo e causa efeitos tóxicos pelo excesso de íons como sódio e cloreto. A sodicidade está relacionada à proporção de sódio trocável em relação aos outros cátions adsorvidos nas cargas negativas do solo (denominada de percentagem de sódio trocável - PST). É

Manuscrito submetido em 03/09/2014 e aceito para publicação em 10/03/2015

¹Parte 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, Lages-SC. Executada com recursos da CAPES.

²Eng. Agr., Aluno de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC, Lages-SC, Av. Luís de Camões, 2090, CEP: 88520-000, Lages-SC.

³Professor do Departamento de Solos e Recursos Naturais do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC, Av. Luís de Camões, 2090, CEP: 88520-000, Lages-SC. E-mail: luciano.gatiboni@udesc.br (Autor para correspondência)

⁴Eng^a. Florestal., Aluna de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC, Lages-SC, Av. Luís de Camões, 2090, CEP: 88520-000, Lages-SC. E-mail: barbaramafra@hotmail.com

uma característica relevante no estudo de solos afetados por sais, uma vez que o sódio aumenta a dispersão das argilas e influencia negativamente a estrutura do solo. A salinidade e a sodicidade podem ter origem na gênese do solo ou por meio do manejo inadequado da irrigação (incluindo a utilização indevida de água salina).

Várias pesquisas foram realizadas para avaliar o efeito da irrigação com água salina sobre a microbiota e/ou a atividade enzimática do solo. Algumas mostraram claramente a influência negativa da salinidade e da sodicidade (BELLIGNO et al., 2008; EGAMBERDIEVA et al., 2010; KAUR et al., 2008; YAN e MARSCHNER, 2012), enquanto outras constataram que esse efeito pode ser ocultado pelo cultivo de plantas em condições naturais. Por exemplo, Silva et al. (2008) verificaram que a irrigação com rejeito de dessalinização aumentou os valores de condutividade elétrica e de PST em solo da Caatinga cultivado com erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.). Entretanto, o crescimento da comunidade microbiana e a atividade enzimática apresentaram comportamento variável, sendo que a influência negativa da salinidade e da sodicidade não ficou clara. Os autores justificaram que o cultivo de erva-sal favoreceu a qualidade biológica e bioquímica do solo, principalmente na região da rizosfera. Pereira et al. (2004) obtiveram resultados similares em condições muito próximas (espécie vegetal, região, tipos de solo e de rejeito salino).

Recentemente, foi demonstrado que o aporte de carbono lábil melhora a capacidade dos microrganismos em tolerar a salinidade e a sodicidade do solo (MAVI e MARSCHNER, 2013). Logo, propõe-se a hipótese de que a aplicação de insumos que contenham material orgânico aumenta a tolerância da microbiota do solo ao estresse salino/sódico. Assim, objetivou-se avaliar a influência em curto prazo da aplicação de fertilizante organomineral ou mineral e irrigação com água salina sobre a comunidade microbiana do solo e a atividade enzimática, além de monitorar alguns atributos químicos do solo.

Material e métodos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, organizado em esquema fatorial 4 x 2, quatro salinidades crescentes da água de irrigação e dois tipos de fertilizante, com quatro repetições. As salinidades foram: S1 = 0,1 dS m⁻¹; S2 = 1,8 dS m⁻¹; S3 = 3,6 dS m⁻¹; e S4 = 7,2 dS m⁻¹. Os tipos de fertilizante foram: mineral (composto por nitrato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio) e organomineral industrializado (composto por nitrato de amônio, cloreto de potássio, diamônio fosfato, superfosfato triplo e cama de aviário; possuindo 8% de carbono orgânico, capacidade de troca de cátions de 80 cmol_c kg⁻¹ e formulação comercial NPK 6-14-8; a cama de aviário é granulada com os fertilizantes minerais para substituir o uso de material inerte, completando a formulação comercial).

As recomendações de fertilização utilizadas foram preconizadas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004). A mesma dose de fósforo (1,54 mg cm⁻² de P₂O₅) foi fixada para os dois tipos de fertilizante, com base no conteúdo de fósforo disponível no solo extraído pela solução de Mehlich-1 e na expectativa de produtividade de grãos para a cultura do milho de 6.000 kg ha⁻¹. As quantidades dos fertilizantes foram calculadas conforme os seus teores de P₂O₅ total. Tendo-se como referência o fertilizante organomineral, fixaram-se as doses de nitrogênio (0,66 mg cm⁻² de N) e de potássio (0,88 mg cm⁻² de K₂O) para a fonte mineral.

O solo utilizado foi retirado da camada de 0-10 cm de profundidade de um Nitossolo Bruno (EMBRAPA, 2013) cultivado com milho em sistema plantio direto, localizado no município de Lages, Santa Catarina. A sua secagem foi realizada ao ar livre, seguida de peneiramento em malha de 2mm. A caracterização química e física do solo antes da instalação do experimento está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo antes da instalação do experimento.

Caracterização química									
pH	CE	P _{RTA}	P _{MI}	CMAF	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(H+Al)	CTC pH 7	MO
(H ₂ O)	dS m ⁻¹	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----				g kg ⁻¹
5,1	0,17	29,10	2,2	1060	7,09	4,14	3,90	15,13	45,8
Caracterização física									
Ds	Dp	P _{total}	CC	Areia (2-0,05 mm)	Silte (0,05-0,002 mm)		Argila (<0,002 mm)		
g cm ⁻³	g cm ⁻³	%	g g ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----		-----			
0,80	2,65	69,81	0,42	303		286		411	

CE = condutividade elétrica; P_{RTA} = fósforo disponível extraído por resina trocadora de ânions; P_{MI} = fósforo disponível extraído pela solução de Mehlich-1; CMAF = capacidade máxima de adsorção de fósforo; (H+Al) = acidez potencial a pH 7; CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7; MO = matéria orgânica; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas; P_{total} = porosidade total do solo; CC = umidade gravimétrica na capacidade de campo; as proporções de areia, silte e argila foram determinadas pela metodologia da pipeta.

O experimento foi realizado em julho de 2012 em uma sala fechada com as dimensões de 2,1 x 1,8 x 2,2 m (comprimento x largura x altura), localizada na Universidade do Estado de Santa Catarina, no município de Lages. A temperatura foi controlada com aquecedor elétrico, atingindo valor mínimo médio de 25 °C e máximo de 30 °C.

Cada unidade experimental foi constituída de uma coluna, formada por três secções de cano de PVC com 10 cm de diâmetro e 5 cm de altura. As secções foram justapostas e unidas por fita adesiva externamente

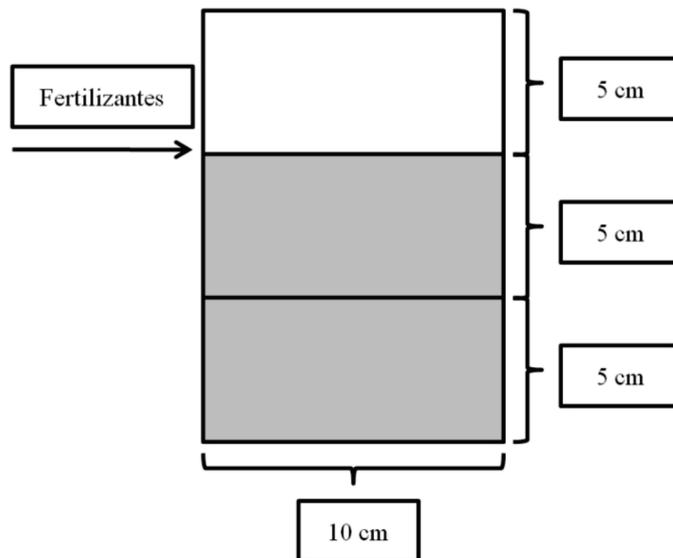


Figura 1. Representação de uma unidade experimental. A coloração cinza indica o preenchimento com solo, as chaves indicam as dimensões das secções e a seta indica a localização dos fertilizantes. Em cada coluna foram amostradas as camadas de 0-5 e 5-10 cm.

Depois da montagem, as colunas foram acondicionadas em ambiente protegido e mantidas suspensas em bandejas plásticas sobre estrados de madeira. O solo foi mantido com umidade próxima a 90% da capacidade de campo, por meio de pesagens diárias das colunas e reposição da umidade perdida com as águas não salinas e salinas, de acordo com os tratamentos. Não foi aplicada lâmina de lixiviação. As plantas daninhas emergidas foram retiradas todos os dias.

As águas salinas (S2, S3 e S4) foram preparadas artificialmente em laboratório, conforme descrito em Costa et al. (2013) e Morais et al. (2011), por meio da adição crescente na água S1 (água de abastecimento urbano), dos sais NaCl, NaHCO₃, CaCl₂.2H₂O, MgSO₄.7H₂O e KCl, mantendo a proporcionalidade de 7:2:1 para Na:Ca:Mg.

Aos 20 dias após a incubação, as colunas foram destruídas e o solo de cada secção foi amostrado para análise. Os atributos avaliados foram condutividade elétrica (CE), conteúdo de sódio e de potássio trocáveis, pH, carbono da comunidade microbiana e atividade das enzimas fosfatases ácidas e β-glucosidases.

O carbono da comunidade microbiana foi determinado pela metodologia de Vance et al. (1987). A atividade das enzimas fosfatases ácidas e β-glucosidases foi determinada conforme Tabatabai (1994). O conteúdo de sódio e de potássio trocáveis foi extraído com acetato de amônio a pH 7, conforme as metodologias de Camargo et al. (2009). A CE e o pH foram determinados

(Figura 1). No fundo da secção inferior foi colada uma tela de poliéster (malha de 500 μm), a fim de compor o fundo capaz de suportar o solo, mas que permitisse os fluxos de água ascendente e descendente. As colunas foram preenchidas totalmente com solo nas duas secções inferiores e, na sequência, os fertilizantes (previamente moídos e peneirados em malha de 1 mm) foram distribuídos na superfície do solo (Figura 1). Em cada unidade experimental foram utilizados aproximadamente 756 g de solo e foram amostradas as camadas de 0-5 e 5-10 cm (Figura 1).

pelas metodologias de Camargo et al. (2009).

Para a interpretação dos dados foi realizada análise de variância (teste F) com a utilização do software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011). Quando necessário, o teste de regressão foi aplicado para o fator salinidades crescentes da água de irrigação, enquanto o teste de Tukey foi aplicado para o fator tipos de fertilizante, a 5% de probabilidade de erro. Cada camada foi considerada isoladamente. Na escolha dos modelos mais adequados entre aqueles com significância estatística, utilizou-se o princípio da parcimônia, pelo qual é preferível o ajuste de menor grau.

Resultados e discussão

Em curto prazo (20 dias após a incubação do solo), nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, a irrigação com águas de salinidade crescente aumentou linearmente os atributos químicos avaliados, com exceção do conteúdo de potássio trocável (Tabela 2; Figura 2). Na camada de 0-5 cm, houve efeito da interação entre salinidades crescentes da água de irrigação e tipos de fertilizante para CE, conteúdo de sódio trocável e pH (Figura 2). Essas variáveis apresentaram valores médios superiores com aplicação de fertilizante organomineral (CE=1,28 dSm⁻¹; Na⁺=70 mgkg⁻¹; pH=5,73) em relação ao mineral (CE=1,13 dSm⁻¹; Na⁺=59 mgkg⁻¹; pH=5,25).

O acréscimo da CE em função da irrigação com água salina é um efeito bastante conhecido (BELLIGNO et

Tabela 2. Equações ajustadas para condutividade elétrica do solo (CE), conteúdo de sódio trocável (Na⁺) e pH, em função dos tratamentos (combinação entre quatro salinidades crescentes da água de irrigação [S1 = 0,1 dS m⁻¹, S2 = 1,8 dS m⁻¹, S3 = 3,6 dS m⁻¹ e S4 = 7,2 dS m⁻¹] e dois tipos de fertilizante [organomineral e mineral]), na camada de 5-10 cm, aos 20 dias após a incubação do solo.

Média dos fertilizantes organomineral e mineral	Equações	R ² (%)
CE (dS m ⁻¹)	$y = 0,079639^{**}x + 0,306808^{**}$	99,24
Na ⁺ (mg kg ⁻¹)	$y = 11,805857^{**}x + 1,657966^{**}$	99,87
pH	$y = 0,094591^{**}x + 5,019985^{**}$	85,83

al., 2008; COSTA et al., 2013; EGAMBERDIEVA et al., 2010; KAUR et al., 2008; MAVI e MARSCHNER, 2013; MORAIS et al., 2011; PEREIRA et al., 2004; SILVA et al., 2008; YAN e MARSCHNER, 2012). O aumento linear do conteúdo de sódio trocável ocorreu pelo predomínio dos sais NaCl e NaHCO₃ nas águas salinas utilizadas. O acréscimo do pH está relacionado aos teores de carbonato e de bicarbonato presentes na água de irrigação, conforme observado também por Costa et al. (2013) e Morais et al. (2011).

A presença de material orgânico no fertilizante organomineral interferiu na dinâmica dos atributos CE, conteúdo de sódio trocável e pH, todavia apenas nas adjacências dos grânulos (camada de 0-5 cm). Os valores foram superiores em relação ao fertilizante mineral (Figura 2). Acredita-se que as cargas negativas contidas no fertilizante organomineral (80 cmol_cdm⁻³) elevaram a adsorção eletrostática do sódio trocável nas adjacências dos grânulos (camada de 0-5 cm), aumentando o seu conteúdo em relação ao fertilizante mineral. O comportamento diferenciado da CE foi determinado pela menor lixiviação do sódio trocável, o qual se acumulou na camada superficial. O acréscimo do pH está relacionado à presença de cama de aviário, a qual possui carbonatos e bicarbonatos na sua composição, oriundos da alimentação das aves, conforme observado também por Montalvo Grijalva et al. (2010) e Morais (2013).

Na camada de 0-5 cm, o conteúdo de potássio trocável foi superior com aplicação de fertilizante organomineral (49 mg kg⁻¹) em relação ao mineral (43 mg kg⁻¹), porém ocorreu o inverso na camada de 5-10 cm (mineral = 39 mg kg⁻¹ e organomineral = 36 mg kg⁻¹). Acredita-se que parte do potássio aplicado via fertilizante organomineral ficou adsorvida eletrostaticamente nas cargas negativas oriundas do material orgânico, o que aumentou o conteúdo do nutriente na camada superficial (adjacências dos grânulos) em relação à subjacente. Com aplicação de fertilizante mineral a quantidade de potássio foi mais elevada em profundidade em razão da maior distribuição no solo por meio de lixiviação. É provável que esse comportamento tenha magnitude inexpressiva em condições naturais, pois os valores observados de potássio trocável estão enquadrados na faixa de teores classificados como baixos (CQFS-RS/SC, 2004), considerando-se que o solo utilizado apresenta capacidade de troca de cátions de 15,13 cmol_cdm⁻³ (Tabela 1).

Em curto prazo (20 dias após a incubação do solo), nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, a irrigação com águas de salinidade crescente reduziu linearmente o carbono da comunidade microbiana e a atividade das enzimas fosfatases ácidas e β-glucosidases. Não houve efeito do fator tipos de fertilizante, nem da interação entre salinidades crescentes da água de irrigação e tipos de fertilizante (Tabela 3).

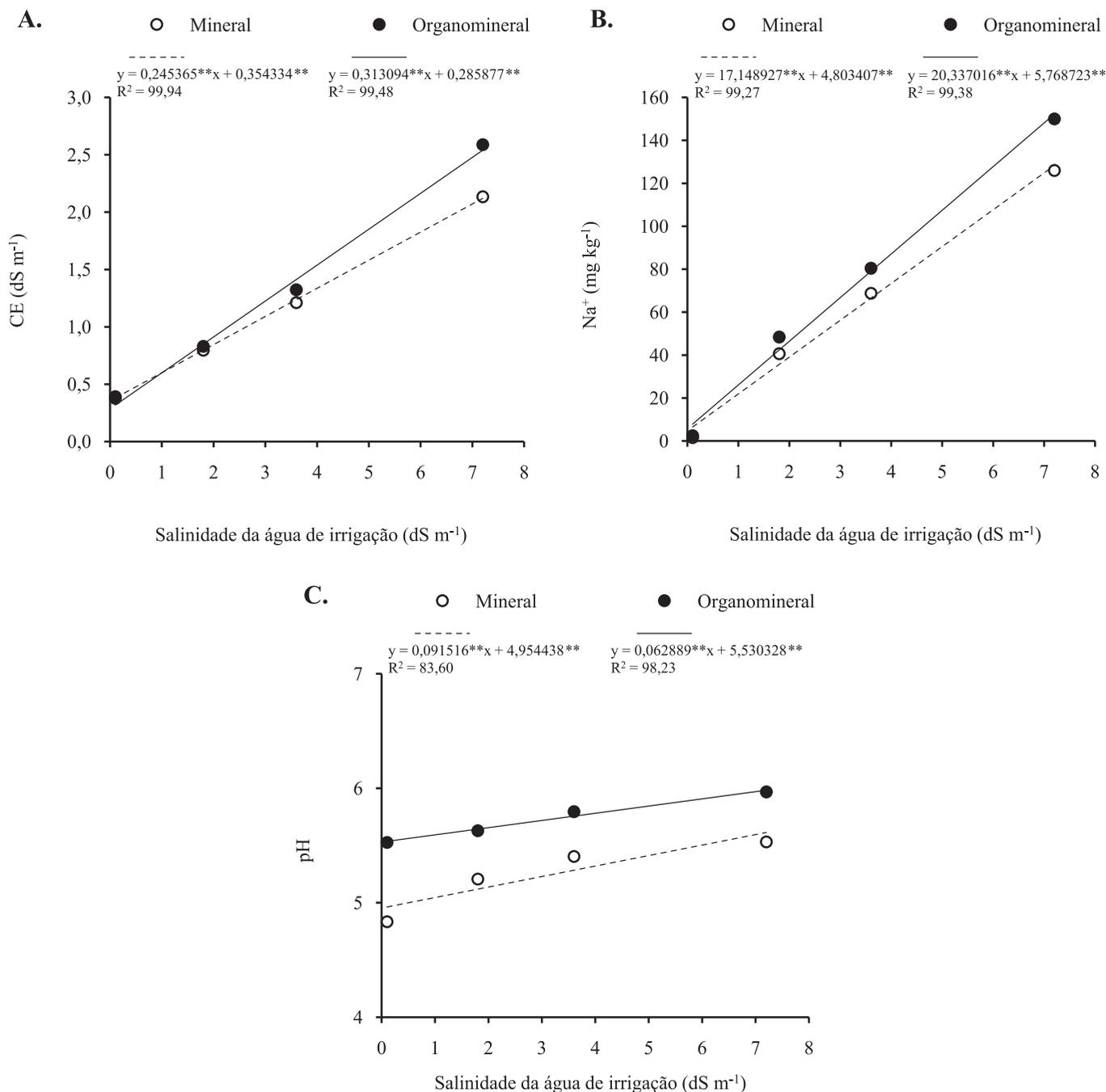


Figura 2. Condutividade elétrica do solo (A), conteúdo de sódio trocável (B) e pH (C), em função dos tratamentos (combinação entre quatro salinidades crescentes da água de irrigação [S1 = 0,1 dS m⁻¹, S2 = 1,8 dS m⁻¹, S3 = 3,6 dS m⁻¹ e S4 = 7,2 dS m⁻¹] e dois tipos de fertilizante [organomineral e mineral]), na camada de 0-5 cm, aos 20 dias após a incubação do solo.

O carbono da comunidade microbiana e a atividade enzimática do solo foram indicadores sensíveis do aumento da salinidade e da sodicidade, mesmo em curto prazo. Esses resultados são corroborados pelos estudos de Bellignoet al. (2008), Egamberdieva et al. (2010), Kaur et al. (2008) e Yan & Marschner (2012). Eventualmente, esse efeito pode ser ocultado pelo cultivo de plantas em condições naturais (PEREIRA et al., 2004; SILVA et al., 2008).

A irrigação com águas de salinidade crescente afetou negativamente os microrganismos em razão dos sais solúveis adicionados, os quais reduzem o potencial hídrico do solo e causam efeitos tóxicos pelo excesso de íons como sódio e cloreto (BELLIGNO et al., 2008;

EGAMBERDIEVA et al., 2010; KAUR et al., 2008; MAVI e MARSCHNER, 2013; PEREIRA et al., 2004; SILVA et al., 2008; YAN e MARSCHNER, 2012). Quanto à redução da atividade enzimática, pode ser resultante de fatores diretos (insolubilização das enzimas em virtude do aumento da força iônica do meio, fenômeno conhecido por *salting-out*) e indiretos (redução do crescimento e da atividade microbiana, comprometendo a síntese e a liberação das enzimas), conforme observaram Frankenberger e Bingham (1982).

Esperava-se que a presença de material orgânico no fertilizante organomineral estimulasse a microbiota do solo e aumentasse a sua capacidade em tolerar a salinidade e a sodicidade do solo (MAVI e

Tabela 3. Equações ajustadas para carbono da comunidade microbiana (CCM) e atividade das enzimas fosfatases ácidas (FA) e β -glucosidases (BG), em função dos tratamentos (combinação entre quatro salinidades crescentes da água de irrigação [S1 = 0,1 dS m⁻¹, S2 = 1,8 dS m⁻¹, S3 = 3,6 dS m⁻¹ e S4 = 7,2 dS m⁻¹] e dois tipos de fertilizante [organomineral e mineral]), nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, aos 20 dias após a incubação do solo.

Média dos fertilizantes organomineral e mineral	Equações	R ² (%)
CBM (μ C g ⁻¹ solo), 0-5 cm	$y = -10,992866^{**}x + 307,949224^{**}$	76,15
CBM (μ C g ⁻¹ solo), 5-10 cm	$y = -21,907814^{**}x + 392,761996^{**}$	95,64
FA (mg p-nitrofenol g ⁻¹ solo h ⁻¹), 0-5 cm	$y = -18,643473^{**}x + 616,014455^{**}$	93,98
FA (mg p-nitrofenol g ⁻¹ solo h ⁻¹), 5-10 cm	$y = -7,938096^{**}x + 437,453456^{**}$	87,51
BG (mg p-nitrofenol g ⁻¹ solo h ⁻¹), 0-5 cm	$y = -5,824937^{**}x + 282,813372^{**}$	96,15
BG (mg p-nitrofenol g ⁻¹ solo h ⁻¹), 5-10 cm	$y = -2,794117^{**}x + 214,998554^{**}$	95,43

MARSCHNER, 2013), pelo menos nas adjacências dos grânulos. No entanto, essa hipótese não se confirmou, provavelmente em função da qualidade e da quantidade do material orgânico presente no fertilizante organomineral. Também não houve influência dos tipos de fertilizante sobre a atividade enzimática.

Conclusão

Em curto prazo, a irrigação com águas de salinidade crescente aumentou a condutividade elétrica, o conteúdo de sódio trocável e o pH do solo, principalmente nas adjacências dos grânulos com aplicação de fertilizante organomineral em relação ao mineral. O carbono da comunidade microbiana e a atividade enzimática do solo foram influenciados negativamente pelo estresse salino/sódico. A presença de material orgânico no fertilizante organomineral não aumentou a capacidade da microbiota do solo em tolerar a salinidade e a sodicidade.

Referências

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Soil microbial biomass: the eco-physiological approach. **Soil Biology and Biochemistry**, v.42, n.12, p.2039-2043, 2010.

BELLIGNO, A.; RUSSO, M.; SARDO, V.; WU, J.Y. Salinity influence on soil microbial population metabolism and enzymatic activities in lysimeter-grown *Olea europaea* and *Nicotianaglauca*. In: ABDELLY, C.; ÖZTÜRK, M.; ASHRAF, M.; GRIGNON, C. (Ed) **Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance**. Basel: Birkhäuser Verlag, 2008. p.131-139.

BOECHAT, C.L.; SANTOS, J.A.G.; ACCIOLY, A.M.A.; BOMFIM, M.R.; SANTOS, A.C. Industrial and urban organic wastes increase soil microbial activity and biomass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1629-1636, 2012.

BÜNEMANN, E.K. et al. Rapid microbial phosphorus immobilization dominates gross phosphorus fluxes in a grassland soil with low inorganic phosphorus availability. **Soil Biology and Biochemistry**, v.51, n.8, p.84-95, 2012.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química e**

mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77p. (Boletim técnico, 106, edição revista e atualizada).

COSTA, M.E.; MORAIS, F.A.; SOUZA, W.C.M.; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agrônoma**, v.44, n.1, p.34-43, 2013.

CQFS-RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo - Núcleo Regional Sul). **Manual de recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400p.

EGAMBERDIEVA, D.; RENELLA, G.; WIRTH, S.; ISLAM, R. Secondary salinity effects on soil microbial biomass. **Biology and Fertility of Soils**, v.46, n.5, p.445-449, 2010.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev.ampl. Brasília-DF: EMBRAPA, 2013. 353p.

FENG, W.; ZOU, X.; SCHAEFER, D. Above- and belowground carbon inputs affect seasonal variations of soil microbial biomass in a subtropical monsoon forest of southwest China. **Soil Biology and Biochemistry**, v.41, n.5, p.978-983, 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FRANKENBERGER, W.T.; BINGHAM, F.T. Influence of salinity on soil enzyme activities. **Soil Science Society of America Journal**, v.46, n.6, p.1173-1177, 1982.

KAUR, J.; CHOUDHARY, O.P.; SINGH, B. Microbial biomass carbon and some soil properties as influenced by long-term sodic-water irrigation, gypsum, and organic amendments. **Soil Research**, v.46, n.2, p.141-151, 2008.

MAVI, M.S.; MARSCHNER, P. Salinity affects the response of soil microbial activity and biomass to addition of carbon and nitrogen. **Soil Research**, v.51, n.1, p.68-75, 2013.

MONTALVO GRIJALVA, D.F.; CROZIER, C.R.; SMYTH, T.J.; HARDY, D.H. Nitrogen, phosphorus, and liming effects of poultry layer manures in coastal plain and piedmont soils. **Agronomy Journal**, v.102, p.1329-1339, 2010.

MORAIS, F.A. **Disponibilidade e imobilização microbiana de fósforo no solo com aplicação de fertilizantes minerais e organomineral**. Lages: UDESC, 2013. 56p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade do Estado de Santa Catarina.

MORAIS, F.A.; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T.; MOTA, A.F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.327-336, 2011.

PEREIRA, S.V.; MARTINEZ, C.R.; PORTO, E.R.; OLIVEIRA, B.R.B.; MAIA, L.C. Atividade microbiana em solo do Semi-árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.757-762, 2004.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SILVA, C.M.M.S.; VIEIRA, R.F.; OLIVEIRA, P.R. Salinidade, sodicidade e propriedades microbiológicas de argissolo cultivado com erva-sal e irrigado com rejeito salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.10, p.1389-1396, 2008.

TABATABAI, M.A. Soilenzymes. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, J.R.; BOTTOMLEY, P.S. (Ed) **Methods of soil analysis**. Part 2: microbiological and biochemical properties. Madison: SSSA, 1994. p.775-833.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

YAN, N.; MARSCHNER, P. Response of microbial activity and biomass to increasing salinity depends on the final salinity, not the original salinity. **Soil Biology and Biochemistry**, v.53, n.10, p.50-55, 2012.

Simulação da produtividade de tubérculos de batata em ambientes subtropical e temperado

Nereu Augusto Streck¹, Alencar Junior Zanon², Dílson Antônio Bisognin¹, Zilmar da Silva Souza³, Joelma Dutra Fagundes⁴, Cleber Maus Alberto⁵

Resumo – A modelagem matemática é uma ferramenta importante em tomada de decisões para o manejo das culturas agrícolas. A batata (*Solanum tuberosum*) é uma cultura importante no Brasil, mas são escassos os trabalhos com modelos de simulação dessa cultura em nossas condições, especialmente na Região Sul. O objetivo deste estudo foi ajustar e avaliar modelos estatísticos para simulação da produtividade de tubérculos de batata, em Santa Maria, Rio Grande do Sul (clima subtropical), e São Joaquim, Santa Catarina (clima temperado). Foram avaliados seis modelos, selecionados na literatura. Para Santa Maria, foram usadas as datas de plantio 28/02, 27/03, 12/08, 15/09, 15/10, 20/11/2003, para ajustar os modelos, e as datas 21/01, 12/02, 24/12/2003 e 28/01, 27/02, 26/03, 26/04/2004, para testá-los. Foram utilizados também dados de produtividade de 35 cultivares de São Joaquim, onde não foi realizado o ajuste dos modelos por haver apenas um cultivo ao ano. A estatística utilizada para seleção dos modelos foi a raiz do quadrado médio do erro. Os modelos com os coeficientes originais apresentaram a mesma tendência de desempenho, na simulação da produtividade de tubérculos de batata, para Santa Maria e São Joaquim, sendo os modelos de Hartz e Moore, Johnson e colaboradores, e Pereira e colaboradores, os que tiveram o melhor desempenho. O modelo de Sands e colaboradores é o que melhor prediz a produtividade de tubérculos de batata, seguido pelos modelos de Pereira e colaboradores, e MacKerron & Waister.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*. Modelagem matemática. Modelos estatísticos.

Simulating potato tuber yield in subtropical and temperate environments

Abstract – Crop models are important tools for decision-making in different agricultural crops. Potato (*Solanum tuberosum*) is an important crop in Brazil, but studies with potato simulation models in Brazil, mainly in the South, are scarce. This study aimed to calibrate and evaluate statistical models for simulating potato tuber yield in Santa Maria, Rio Grande do Sul (subtropical climate) and São Joaquim, Santa Catarina (temperate climate). Six models from literature were evaluated. In Santa Maria, the planting dates of 02/28, 03/27, 08/12, 09/15, 10/15, 11/20/2003 were used to calibrate the models, and the planting dates of 01/21, 02/12, 12/24/2003 and 01/28, 02/27, 03/26, 04/26/2004 were used to evaluate the models. Yield data of 35 cultivars grown in five years in São Joaquim were also used to evaluate the original version of the models. The statistics used for selection of models was the root mean square error. Models with the original coefficients had the same performance in simulating potato yield in Santa Maria and São Joaquim, with the Hartz and Moore, Johnson and others, and Pereira and others models having the best performance. After calibration, the Sands and others model had the best performance followed by the models of Pereira and others, and MacKerron and Waister.

Key-words: *Solanum tuberosum*. Mathematical modeling. Statistical models.

Introdução

No sul do Brasil, o cultivo da batata é realizado em regiões de clima subtropical e temperado, sendo que, em regiões subtropicais, como na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, são realizados dois cultivos anuais (um no outono e outro na primavera), enquanto nas regiões temperadas, como na Serra Gaúcha e na Serra Catarinense, é possível apenas um cultivo anual, no verão (BISOGNIN, 2008; HELDWEIN;

STRECK e BISOGNIN, 2009). Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) produzem 9,6 e 3,1% da produção nacional, respectivamente (IBGE, 2014). Uma situação importante das áreas cultivadas com batata, em SC e no RS, é que se concentram em pequenas propriedades familiares.

A utilização de modelos matemáticos é uma ferramenta importante para auxiliar o entendimento da

Manuscrito submetido em 04/11/2014 e aceito para publicação em 28/04/2015

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Campus Universitário, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mails: nstreck1@smail.ufsm.br, dbisognin@gmail.com.

²Engenheiro Agrônomo, Mestre. Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Campus Universitário, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: alencarzanon@yahoo.com.br. Autor para correspondência.

³Engenheiro Agrônomo, Doutor. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão de Santa Catarina, Estação Experimental de São Joaquim, Rua João Araújo Lima, 102, Jardim Caiçara, 88600000, São Joaquim, SC, Brasil. E-mail: zilmar99@brturbo.com.br.

⁴Bióloga, Doutora. Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Campus Universitário, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: jdfagundes@hotmail.com.

⁵Engenheiro Agrônomo, Doutor. Universidade Federal do Pampa, Rua Luiz Joaquim de Sá Brito, S/N, Campus Universitário, 97650-000, Itaqui, RS, Brasil. E-mail: cleberalberto@unipampa.edu.br.

dinâmica dos cultivos agrícolas. Modelos matemáticos são representações simplificadas de processos ou sistemas e, no caso de modelos agrícolas, permitem descrever a dinâmica das culturas agrícolas, cultivadas em diferentes condições ambientais e de manejo. Os modelos agrícolas são constituídos por funções matemáticas que, com seus coeficientes, representam numericamente os principais processos fisiológicos envolvidos na produção agrícola (MONTEITH, 1996).

A produtividade das culturas agrícolas pode ser entendida como o resultado dos processos de desenvolvimento e crescimento das plantas durante a estação de cultivo e, portanto, muitos modelos de simulação da produtividade das culturas são constituídos de submodelos de desenvolvimento e crescimento. Desenvolvimento e crescimento de plantas são processos independentes, que podem ocorrer simultaneamente ou não. Essa abordagem, que considera processos de desenvolvimento e crescimento, dá um caráter mais mecanístico à simulação, permitindo não apenas a análise do resultado final, mas também o aprendizado com os processos que levam à produtividade da cultura. Com modelos estatísticos ajustados e testados para os diferentes ambientes em que as espécies agrícolas são cultivadas, podem-se fazer simulações, em longo prazo e a baixo custo. Pode-se, assim, progredir no conhecimento da cultura e de suas interações com o ambiente e esclarecer aspectos em que o conhecimento ainda é limitado ou tem lacunas (THORNLEY, 1976).

Tendo em vista a importância socioeconômica da cultura da batata, são pertinentes o ajuste e a avaliação de modelos de simulação da produtividade, mas são escassos esses tipos de trabalho nas condições do Brasil. Os poucos trabalhos encontrados foram realizados nas condições da região sudeste do Brasil (PEREIRA et al., 2008), não tendo sido ainda realizados para a região sul do país. No intuito de preencher essa lacuna, o objetivo deste estudo foi ajustar e avaliar modelos estatísticos para simulação da produtividade de tubérculos de batata, em Santa Maria, RS (região com clima subtropical), e São Joaquim, SC (região com clima temperado).

Material e Métodos

Foram utilizados dados de produtividade de tubérculos de batata de cultivos em Santa Maria, RS (29°43'S, 53°43'W, 95 m), e São Joaquim, SC (28°17'S, 49°55'W, 1353 m). Esses locais foram usados por apresentarem climas diferentes e distintas épocas de cultivo da batata. Em Santa Maria, que apresenta clima Cfa (subtropical úmido com verão quente) pela classificação de Köppen (KÖPPEN e GEIGER, 1928), foram realizados dois cultivos anuais, o de primavera, ou "safra", e o de outono, ou "safrinha" (BISOGNIN, 2008). Em São Joaquim, que tem clima Cfb (temperado marítimo úmido) pela classificação de Köppen (KÖPPEN e GEIGER, 1928), foi realizado um cultivo anual (SOUZA, 2004).

Em Santa Maria, foram utilizados dados de produtividade de 13 datas de plantio, durante os anos de 2003 e 2004 (no ano 2003, as datas de plantio foram 21/01, 12/02, 28/02, 27/03, 12/08, 15/09, 15/10, 20/11 e 24/12, e, no ano 2004, as datas de plantio foram 28/01,

27/02, 26/03 e 26/04) com o cultivar Asterix, de ciclo médio, com características apropriadas para consumo de mesa e processamento (NIVAA, 1997), bastante cultivado no Rio Grande do Sul. Em São Joaquim, foram usados dados de produtividade de 35 cultivares do Programa de Melhoramento de Batata da Epagri/Estação Experimental de São Joaquim, em cinco anos agrícolas 2000-01, 2002-03, 2003-04, 2004-05 e 2005-06, com cultivares de diferentes ciclos, alguns cultivados em somente um ano e outros em mais de um ano (Tabela 1).

Foram utilizados os modelos de Hartz e Moore (1978), Sands; Hackett e Nix (1979), Mackerron e Waister (1985), Johnson; Johnson e Teng (1986), Spitters (1987) e Pereira et al. (2008), descritos abaixo.

O modelo de Hartz e Moore (1978) é um modelo linear polinomial que, para a variável produtividade de tubérculos de batata, é definido por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \xi$$

em que Y é a produtividade de tubérculos de batata (g planta⁻¹), X₁ é a soma térmica (°C dia), X₂ é a densidade de fluxo de radiação solar incidente (cal cm⁻² dia⁻¹) e X₃ é a amplitude térmica diária (°C).

O modelo de Sands; Hackett e Nix (1979) simula a produtividade de tubérculos de batata, por:

$$Y(P) = 0 \quad P < P_{tg}$$

$$Y(P) = B (P_{mb} - P_{tg}) (1 - \frac{P}{3}) P^2 \quad P_{tg} \leq P < P_{mb}$$

$$P_{mb} \leq P < P_{cb}$$

$$Y(P) = \left(\frac{2B}{3}\right) (P_{cb} - P_{tg}) \quad P_{cb} \leq P$$

em que Y é a produtividade de tubérculos de batata (t ha⁻¹), P é o tempo (dias), B é a taxa máxima de crescimento de tubérculos e P_{mb}, P_{tg} e P_{cb} são as idades (dias) em que ocorreu o máximo crescimento, início do crescimento e término do crescimento de tubérculos, respectivamente.

O modelo de Mackerron e Waister (1985) simula a produtividade de tubérculos de batata em função da radiação solar interceptada e a partição de matéria seca entre a parte aérea e os tubérculos, por:

$$Y = 5 \cdot T$$

em que Y é a produtividade de tubérculos de batata (t ha⁻¹) e T partição de matéria seca.

O modelo de Johnson; Johnson e Teng (1986) leva em consideração a força de dreno do tubérculo, sendo dado por:

$$dT = k5 \cdot \left(\frac{TUBER}{TUBER + k1}\right)$$

em que dT é a variável que calcula a força de dreno do tubérculo, TUBER representa a parte da planta, k1 é a constante que se assemelha à metade da saturação da resposta na equação de Michaelis-Menten e k5 é o parâmetro de partição.

O modelo de Spitters (1987) simula a produtividade de tubérculos de batata em função da biomassa total e da fração de matéria seca alocada para os tubérculos, por:

$$Y_t = HI_t \cdot W_t$$

m que Y_t é a produtividade de tubérculos de batata (kg ha⁻¹), HI_t é o índice de colheita (fração total da matéria seca

alocada para os tubérculos) e W_i é a biomassa total (kg ha^{-1}).

O modelo de Pereira et al. (2008) é baseado na taxa máxima de assimilação de dióxido de carbono, radiação fotossinteticamente ativa e parâmetros fitotécnicos, como índice de área foliar, índice de colheita e duração do ciclo fenológico, em que EPY é a produtividade potencial de tubérculos de batata (t ha^{-1}), CDA é a taxa de assimilação de dióxido de carbono ($\mu\text{L cm}^{-2} \text{h}^{-1}$), LAI é índice de área foliar máximo, GS é o número de dias do ciclo, N é fotoperíodo médio (h), C(LAI) é o fator de correção do índice de área foliar, C(T) é o fator de correção da respiração de manutenção, HI é o índice de colheita e DM é o conteúdo de matéria seca dos tubérculos. Para uniformizar a unidade de produtividade de tubérculos de batata, simulada pelos diferentes modelos, a produtividade foi expressa em t ha^{-1} .

Os modelos foram primeiramente testados, usando-se os coeficientes originais, disponíveis nas publicações descritas acima. No teste dos modelos foram usados, como dados independentes, os dados de produtividade de tubérculos, obtidos nos experimentos de campo, oriundos das 13 datas de plantio, em Santa Maria, RS, e dos cinco anos de cultivos, em São Joaquim, SC. Essa avaliação dos modelos com os coeficientes originais permite a avaliação da capacidade preditiva dos modelos para diferentes genótipos de batata, cultivados em ambientes distintos daqueles em que os modelos foram desenvolvidos.

Os modelos foram, a seguir, também ajustados para as condições de cultivo em Santa Maria, RS, com o cultivar Asterix. Para o ajuste dos modelos, foram utilizados dados de produtividade de seis datas de plantio em 2003 (28/02, 27/03, 12/08, 15/09, 15/10, 20/11) e consistiu na estimativa dos coeficientes com o método dos mínimos quadrados, utilizando-se o SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002). A significância no ajuste dos parâmetros foi de 5% e o tamanho da amostra variou, em função do número de repetições de cada experimento. O número de interações usadas para a estimativa dos coeficientes variou com o tipo de modelo. Para esta calibração, foi primeiramente

realizada a análise de sensibilidade dos modelos em Santa Maria, aumentando-se e diminuindo-se o valor dos coeficientes, de 50 a 150% em relação ao valor original de cada coeficiente, relatado nos artigos originais, com intervalos de 10%. Essa análise de sensibilidade permitiu que se identificassem os coeficientes que mais afetam a produtividade de tubérculos, os quais devem ser ajustados para esse cultivar. Já para os coeficientes que não afetam a produtividade, os valores originais foram utilizados, visto que não há interferência nos resultados. Considerou-se que, quando a produtividade variou em menos de 2 t ha^{-1} , na análise de sensibilidade de cada coeficiente, esse coeficiente não foi dependente do genótipo e, portanto, o valor original foi usado no modelo. Para São Joaquim, havia dados de produtividade somente de uma data de plantio em cada ano, o que impossibilitou o ajuste dos modelos.

Após o ajuste, os modelos foram testados para Santa Maria, com os coeficientes ajustados para o cultivar Asterix (Tabela 2), usando-se os dados independentes das sete datas de plantio (21/01/2003, 12/02/2003, 24/12/2003, 28/01/2004, 27/02/2004, 26/03/2004 e 26/04/2004). A estatística utilizada para avaliar o desempenho dos modelos (versão original e versão calibrada) foi à raiz do quadrado médio do erro (RQME), calculada como (JANSSEN e HEUBERGER, 1995):

$$RQME = \left[\frac{\sum (p_i - o_i)^2}{N} \right]^{0,5}$$

em que p_i são os valores simulados, o_i são os valores observados e N é o número de observações. Optou-se por usar a estatística RQME, em lugar de outras estatísticas, como o R^2 (STRECK et al., 2010; WALTER et al., 2012), sendo o valor dessa estatística de fácil interpretação, já que representa o erro médio da variável estimada pelo modelo, com a mesma unidade de medida da variável estimada, que, neste caso, é a produtividade de tubérculos de batata (t ha^{-1}). Quanto menor o RQME, melhor é o desempenho do modelo. Além de calcular a RQME, gráficos de valores simulados *versus* observados

Tabela 1. Raiz do quadrado médio do erro (RQME, t ha^{-1}) da produtividade de tubérculos de vários cultivares de batata nos anos agrícolas 2000-01, 2002-03, 2003-04, 2004-05 e 2005-06 em São Joaquim, SC, simulada com os coeficientes originais dos seis modelos

Ano agrícola	Modelos de simulação da produtividade					
	Hartz & Moore (1978)	Sands et al. (1979)	MacKerron & Waister (1985)	Johnson et al. (1986)	Spitters (1987)	Perreira et al. (2008)
2000-01 ¹	6,9	61,0	17,7	5,8	12,8	6,6
2002-03 ²	9,2	50,8	21,9	8,5	16,9	10,9
2003-04 ³	4,9	53,7	18,4	7,8	11,9	6,6
2004-05 ⁴	8,2	53,7	11,6	6,5	5,4	4,3
2005-06 ⁵	9,1	52,8	24,9	11,7	19,2	13,5

¹Cultivares no ano 2000-01: Amorosa, Araucária, Bolesta, Estima, Eliza, Markies, Recent, Sinora, Monalisa, Asterix, Junior, Kuroda, Romano, EESJ 89229, EESJ 90428, SW 1037, SW 1140, Synfonia, Velox, Catucha. ²Cultivares no ano 2002-03: Ágata, Asterix, Baronesa, Brador, Caesar, Cicklamen, EESJ 90439, Cota, Eliza, EESJ 99729, EESJ 89239, EESJ 86575, Synfonia, Velox, Vivaldi, White Lady, Baraka, Monalisa. ³Cultivares no ano 2003-04: Ágata, Asterix, Caesar, Cicklamen, Elisa, EESJ 99729, Synfonia, Velox, Vivaldi, White Lady, Baraka, Monalisa. ⁴Cultivares no ano 2004-05: Achat, Ágata, Asterix, Caesar, Cupido, Monalisa, Synfonia, Velox, Vivaldi, White Lady. ⁵Cultivares no ano 2005-06: Ágata, Asterix, Caesar, Cupido, Melody, Monalisa, Mondial, Velox, Vivaldi.

Tabela 2. Coeficientes dos modelos de simulação da produtividade de tubérculos de batata ajustados para o cultivar Asterix

Modelos	Descrição dos coeficientes	Coeficientes ajustados
Hartz & Moore (1978)	Coeficientes da equação linear	$a = -3889,73$, $b = 3,58$,
	polinomial (a, b, c e d)	$c = -0,05$ e $d = 249,15$
Sands et al. (1979)	Escala para medir a taxa de acumulação do tempo (k)	$k = 4,67$
MacKerron & Waister (1985)	Temperatura base (Tb)	$Tb = 7$
	Partição de matéria seca para tubérculos	0,31
Johnson et al. (1986)	Constante que se assemelha à metade de saturação na equação de Michaelis-Menten (K1)	$k1 = 45,5$
	Constante utilizada no cálculo de partição de matéria seca para os tubérculos (K5)	$K5 = 7,87$
	Força dreno do tubérculo (TUBER)	$TUBER = 0,46$
Spitters (1987)	Uso eficiente da radiação (UER)	$UER = 4,72$
	Duração do ciclo (m)	$m = 9,5$
Pereira et al. (2008)	Taxa máxima de assimilação de dióxido de carbono (CDA_{Max})	$CDA_{Max} = 45,85$
	Índice de área foliar (IAF)	$IAF = 4,26$
	Índice de colheita (HI)	$HI = 0,58$
	Fator de correção da respiração de manutenção (C(T))	$C(T) = 0,58$

foram confeccionados, para os modelos testados com coeficientes originais e calibrados.

Resultados e Discussão

As condições meteorológicas e os diferentes cultivares de batatas, em Santa Maria e em São Joaquim, influenciaram nas diferenças entre as estimativas da produtividade com os distintos modelos de simulação da produtividade de tubérculos de batata. Para Santa Maria, e considerando-se as 13 datas de plantio do cultivar Asterix com os coeficientes originais dos modelos, o menor RQME foi obtido com o modelo de Johnson; Johnson e Teng (1986); o modelo de Pereira et al. (2008) teve o segundo menor RQME (Tabela 1). O modelo de Spitters (1987) apresentou bom desempenho na Holanda (WOLF, 2002), sendo bastante usado na Europa em estudos sobre o efeito da mudança climática na cultura da batata (CARTER; SAARIKKO e JOUKAINEN, 2000; HARRISON; BUTTERFIELD e ORR, 2000). Já os modelos de Sands; Hackett e Nix (1979) e Mackerron e Waister (1985) foram os que apresentaram os maiores valores de RQME, respectivamente.

O modelo de Pereira et al. (2008) destacou-se no ano agrícola 2003-04, quando o valor de RQME foi o menor valor dentre os modelos e anos agrícolas (Tabela 1). O modelo de Mackerron e Waister (1985), assim como o modelo de Spitters (1987) e Pereira et al. (2008), subestimaram a produtividade de tubérculos de batata, diferentemente do que ocorreu para Santa Maria, onde foi o modelo de Mackerron e Waister (1985) superestimou a produtividade. O modelo de Sands; Hackett e Nix (1979), em São Joaquim, assim como em Santa Maria, apresentou os mais elevados valores de RQME, como pode ser observado na Tabela 1, nos cinco anos de cultivo, com predomínio de superestimativa da produtividade de tubérculos de todos os cultivares de batata. Por esses resultados, pode-se afirmar que este, apesar de ser um modelo empírico simples e ter poucos coeficientes, prediz razoavelmente a produtividade de tubérculos de batata.

Os coeficientes dos modelos ajustados para o cultivar Asterix estão listados na Tabela 2. Esse ajuste representa um avanço para modelagem da produtividade de batata no Rio Grande do Sul, pois, dos seis modelos testados neste trabalho, apenas o modelo de Pereira et al. (2008) já fora testado no Brasil e nas condições de cultivo da região sudeste. A comparação entre os desempenhos dos modelos, com os coeficientes originais e com coeficientes ajustados, após o ajuste para o conjunto de dados independentes de sete datas de plantio do cultivar Asterix, em Santa Maria, indicaram que os modelos originais são até melhores do que os ajustados para a predição, em alguns casos (Figura 1). O modelo de Hartz e Moore (1978), após o ajuste, apresentou um valor de RQME bastante elevado, se comparado ao do modelo

com os coeficientes originais, com uma diferença de 9,9 t ha⁻¹ na estimativa da produtividade de tubérculos de batata (Figura 1a e 1g). Esse resultado foi surpreendente, pois se esperava melhor desempenho do modelo, após o ajuste para as condições locais. Uma possível explicação para esse resultado é que, por ser um modelo empírico, as estimativas dos coeficientes nas datas de plantio são distantes daquelas de datas de plantio, usadas como dados independentes, indicando pequena capacidade preditiva de modelos empíricos, em condições diferentes daquelas em que foram ajustados, conforme observado em trabalhos com outras culturas agrícolas (KLERING; FONTANA e CARGNELUTTI FILHO, 2008). O modelo de Johnson; Johnson e Teng (1986), após o ajuste, também apresentou um valor de RQME mais elevado, se comparado ao do modelo com os coeficientes originais (Figura 1d e 1j).

Com os outros modelos, houve melhora na estimativa da produtividade de tubérculos de batata, após o ajuste. A melhora mais pronunciada ocorreu com os modelos de Sands; Hackett e Nix (1979) e Mackerron e Waister (1985) que apresentaram uma redução significativa do RQME após o ajuste dos coeficientes.

Os modelos de Spitters (1987) e Pereira et al. (2008) não apresentaram grandes diferenças nos valores de RQME entre os coeficientes originais e os coeficientes ajustados (Figura 1e, 1f, 1l e 1m). O modelo de Spitters (1987), tanto com os coeficientes originais, quanto com os ajustados, subestimou a produtividade de tubérculos de batata (Figura 1e e 1l). Já o modelo de Pereira et al. (2008) apresentou uma melhora na estimativa da produtividade. O último é um modelo mecanístico, o que, possivelmente, contribuiu para a melhor predição da produtividade, se comparado ao modelo de Spitters (1987).

A análise final e geral dos resultados indica, primeiro, a dificuldade de se estimar a produtividade de tubérculos de batata, já que os menores erros nas estimativas foram 4,3 t ha⁻¹, para São Joaquim (Tabela 1), e 3,9 t ha⁻¹, para Santa Maria (Figura 1), erros que são aceitáveis, já que a produtividade geralmente alcançada nessas regiões está entre 20 e 30 t ha⁻¹, mas que certamente podem e devem ser minorados. Segundo, os resultados são importantes, pois representam a primeira tentativa de se ter modelos de previsão de rendimento de batata, nas condições do RS e SC. Sugere-se, como próximo passo, realizar novos experimentos com outros cultivares de batata, nos quais deve-se ter especial atenção, ao investir tempo e recursos para medir algumas variáveis adicionais ao rendimento de tubérculos, para ajudar no ajuste dos modelos, como a evolução do índice de área foliar e a curva de crescimento dos tubérculos.

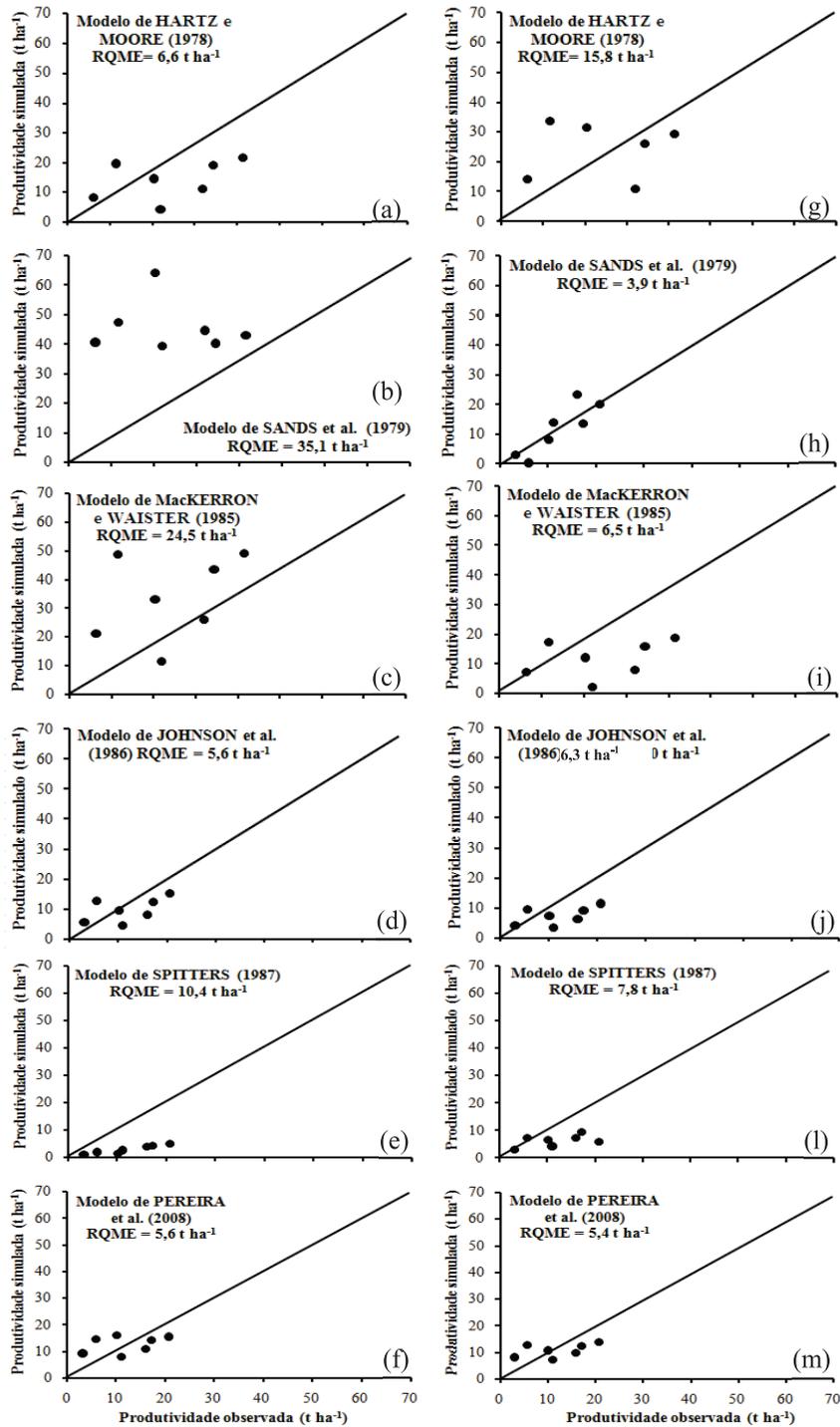


Figura 1. Produtividade de tubérculos simulada *versus* observada do cultivar Asterix em sete datas de plantio (21/01/03, 12/02/03, 24/12/03, 28/01/04, 27/02/04, 26/03/04 e 26/04/04) em Santa Maria, RS, com os coeficientes originais (a, b, c, d, e, f) e coeficientes ajustados (g, h, i, j, l, m). RQME = raiz do quadrado médio do erro. A linha diagonal é a linha 1:1.

Conclusões

Os modelos com os coeficientes originais apresentaram a mesma tendência, na simulação da produtividade, em Santa Maria e em São Joaquim, sendo os modelos de Hartz e Moore (1978), Johnson; Johnson e Teng (1986) e Pereira et al. (2008), respectivamente, os que melhor predisseram a produtividade.

Após o ajuste dos coeficientes, o modelo de Sands; Hackett e Nix (1979) é o que melhor prediz a produtividade de tubérculos de batata em Santa Maria, seguido pelos modelos de Pereira et al. (2008) e de Mackerron e Waister (1985).

Referências

- BISOGNIN, D. A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: UFSM, 2008. 64 p.
- CARTER, T. R.; SAARIKKO, R. A.; JOUKAINEN, S. K. H. Modelling climate change impacts on wheat and potato in Finland. In: DOWNING, T. E.; HARRISON, P. A.; BUTTERFIELD, R. E.; LONSDALE, K. G. (Eds.) **Climate change, climatic variability and agriculture in Europe: an integrated assessment**. Oxford: Environmental Change Institute, 2000. p. 289-312. (Research report 21).
- HARRISON, P.A.; BUTTERFIELD, R.E.; ORR, J. L. Modelling climate change impacts on wheat, potato and grapevine in Europe. In: DOWNING, T.E.; HARRISON, P.A.; BUTTERFIELD, R. E.; LONSDALE, K. G. (Eds.) **Climate change, climatic variability and agriculture in Europe: an integrated assessment**. Oxford: Environmental Change Institute, 2000. p. 367-390. (Research report, 21).
- HARTZ, T. K.; MOORE, F. D. Prediction of potato yield using temperature and insolation data. **American Potato Journal**, v. 55, p. 431-436. 1978
- HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Batata. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 93-108. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 29 set. 2014.
- JANSSEN, P. H. M.; HEUBERGER, P. S. C. Calibration of process-oriented models. **Ecological Modelling**, v. 83, p. 55-56, 1995.
- JOHNSON, K. B.; JOHNSON, S. B.; TENG, P. S. Development of a simple potato growth model for use in crop-pest management. **Agricultural Systems**, v. 19, p. 189-209, 1986.
- KLERING, E. V.; FONTANA, D. C.; CARGNELUTTI FILHO, A. Modelagem agrometeorológica do rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 549-558, 2008.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- MACKERRON, D. K. L.; WAISTER, P. D. A simple model of potato growth and yield. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 34, p. 241-252, 1985.
- MONTEITH, J. L. The quest for balance in crop modeling. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 695-697, 1996
- NIVAA. **Catálogo holandês de variedades de batata**. Haarlem: Boom-Planeta, 1997. 270 p.
- PEREIRA, A. B. et al. Potato potential yield based on climatic elements and cultivar characteristics. **Bragantia**, v. 67, p. 327-334, 2008.
- SANDS, P. J.; HACKETT, C.; NIX, H. A. A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.): I. derivation from well-managed field crops. **Field Crops Research**, v. 2, p. 309-331. 1979.
- STRECK, N. A. et al. Simulating leaf appearance in a maize variety. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 384-393, 2010.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS): Getting Started with the SAS® Learning Edition. Cary, NC, SAS Institute. 2002. 86 p.
- SOUZA, Z. S. Cultura da Batata na EPAGRI em Santa Catarina. **Revista Batata Show**, v. 4, p.1-24, 2004. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista_10_016.htm/>. Acesso em: 08 set. 2014.
- SPITTERS, C. J. T. An analysis of variation in yield among potato cultivars in terms of light absorption, light utilization and dry matter partitioning. **Acta Horticulturae**, v. 214, p. 71-84, 1987.
- THORNLEY, J. H. M. **Mathematical models in plant physiology: a quantitative approach to problems in plant and crop physiology**. London: Academic Press, 1976. 318 p.
- WALTER, L. C. et al. Adaptação e avaliação do modelo InfoCrop para simulação do rendimento de grãos da cultura do arroz irrigado. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 510-521, 2012.
- WOLF, J. Comparison of two potato simulation models under climate change. I. Model calibration and sensitivity analyses. **Climate Research**, v. 21, p. 173-186, 2002.
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, Porto Alegre, v.21, ns.1/2, p. 49-55, 2015

Componentes do rendimento de feijão em diferentes épocas de semeadura e safras

Táisa Dal Magro¹, Jacson Zuchi², Elaine Damiani Conte³, Ricardo Lima de Castro⁴ e Carla Azambuja Bocchese⁵

Resumo – O rendimento da cultura de feijão no Brasil e, em particular, no Rio Grande do Sul pode ser aumentado com o entendimento das variáveis de ambiente que limitam o potencial de rendimento e delimitam o zoneamento de riscos climáticos. O objetivo deste trabalho foi avaliar e definir, dentro das condições climáticas da região dos Campos de Cima da Serra, os componentes de rendimento do feijão em três épocas de semeadura e safras. O experimento foi conduzido em dois locais, Bom Jesus e Vacaria, durante as safras de 2009/10, 2011/12 e 2012/13, utilizando-se os cultivares Fepagro 26, IPR Tiziu, IPR Tuiuiu, BRS Pérola, IPR 126, BRS Jalo, IAC Formoso, IPR Uirapuru, IPR Tangará IAPAR 81 e IAPAR Siriri. Os cultivares foram semeados em três épocas de semeadura, meados de novembro, meados de dezembro e meados de janeiro, em blocos casualizados com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e complementados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a semeadura de meados de dezembro proporcionou maiores produtividades para o feijão, contudo, alguns cultivares podem também apresentar elevada produtividade mesmo se semeados até meados de janeiro, denotando que há possibilidade de extensão da recomendação do período de semeadura desta cultura para a região dos Campos de Cima da Serra.

Palavras-chave: Produtividade. Feijão. Zoneamento.

Yield components of bean in different sowing times and harvests

Abstract – The yield of bean crops in Brazil and, in particular, in Rio Grande do Sul can be increased with the understanding of the environment variables that limit the yield potential and delimit the climatic risks zoning. The objective of this study was to evaluate and define, within the climatic conditions of the region of Campos de Cima da Serra, the bean yield components in three sowing seasons and harvest. The experiment was conducted at two sites, Bom Jesus and Vacaria, during the harvest years of 2009/10, 2011/12 and 2012/13, using the cultivars Fepagro 26, IPR Tiziu, IPR Tuiuiu, BRS Pérola, IPR 126, BRS Jalo, IAC Formoso, IPR Uirapuru, IPR Tangara, IAPAR 81 and IAPAR Siriri. The cultivars were planted in three sowing times, mid-November mid-December and mid-January, a randomized block with four replications. The data were submitted to analysis of variance, complemented by Tukey test ($p \leq 0.05$). Based on the results, it can be concluded that the mid-December sowing time gave higher bean yields, however, some cultivars may also have higheryield even if sown was done until mid-January, showing that it is possible to extend the recommendation of sowing period for this culture in the Campos de Cima da Serra region.

Key-words: Productivity. Bean. Zoning.

Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) exerce um importante papel na alimentação da população brasileira, sendo a principal fonte de proteína de origem vegetal. Além disso, fornece quantidades significativas de outros nutrientes essenciais ao organismo humano, como carboidratos, vitamina, minerais e fibras (LAJOLO et al., 1996).

O rendimento da cultura de feijão no Brasil e, em particular, no Rio Grande do Sul (RS), pode ser aumentado. Para isso, faz-se necessário o entendimento das variáveis de ambiente que limitam o potencial de rendimento, a delimitação de zoneamentos de riscos climáticos e o uso de práticas culturais que possibilitem máximo aproveitamento da estação de crescimento

disponível (MALUF et al., 2001).

O regime térmico no RS, de maneira geral, satisfaz as exigências da cultura de feijão, ocorrendo, todavia, diferenças entre regiões, em que as de maior altitude apresentam menor disponibilidade térmica. Isso, em alguns locais, torna o período de semeadura restrito, devido aos maiores riscos por baixa temperatura (MALUF et al., 2001).

As regiões ideais para cultivo de feijão devem apresentar temperatura média, durante o ciclo, entre 20 e 22°C. Temperatura média acima de 24 °C durante o florescimento e formação de legumes provoca efeitos negativos no rendimento de grãos (MALUF et al., 2001). O crescimento do feijão é limitado, também, pela

Manuscrito submetido em 17/11/2014 e aceito para publicação em 10/08/2015

¹Eng. Agr. DSc. Professora UCS/Campus Vacaria (autor para correspondência: taisadm@yahoo.com.br)

²Eng. Agr. DSc. Bolsista DCR do CNPq, Instituto Federal Goiano/Campus Rio Verde

³Eng. Agr. MSc. Professora UCS/Campus Vacaria

⁴Eng. Agr. DSc. Pesquisador Embrapa Trigo

⁵Eng. Agr. DSc. Professora UERGS/Campus Vacaria

ocorrência de geada na primavera e pela primeira geada do outono (MASSIGNAM et al., 1998), que delimitam a estação de crescimento disponível. Genótipos de feijão que apresentam maior precocidade no florescimento não são, necessariamente, os de menor ciclo (RIBEIRO et al., 2004).

Há evidências que baixa temperatura pode reduzir o crescimento dos ramos, por inibir o desenvolvimento de gemas das quais estes derivam (ANDREWS & HARDWICK, 1981) e isso não é consequência do efeito da temperatura suprimindo a translocação de água, metabólicos nitrogenados ou carboidratos, procedentes do resto da planta, como sugeriu Mcintyre (1973). O crescimento do tubo polínico é também retardado com a temperatura inferior a 16,7°C, ocasionando redução no número de sementes formadas; da mesma forma, a temperatura baixa, em especial a noturna, ocasiona o abortamento de óvulos (FARLOW et al., 1979 e DICKSON & BOETTGER, 1984).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e definir, dentro das condições climáticas da região dos Campos de Cima da Serra, os componentes de rendimento do feijão em três épocas de semeadura e safras.

Material e Métodos

Para embasar a pesquisa foi realizado um levantamento do zoneamento agrícola para a cultura do feijão, nos diferentes municípios que compõem a região dos Campos de Cima da Serra (Tabela 1) e definido, de forma estratégica, as datas de semeadura mais relevantes para os municípios de Bom Jesus (Latitude: 28° 40' S, Longitude: 50° 25' W e Altitude: 1046m) e Vacaria (Latitude: 28° 30' S, Longitude: 50° 56' W e Altitude: 971m).

O experimento foi conduzido em dois locais, Bom Jesus e Vacaria, em três épocas de semeadura, sendo meados de novembro, meados de dezembro e meados de janeiro, com os cultivares disponíveis para comercialização na região, nos respectivos anos agrícolas, safra 2009/10: IPR Uirapuru, IPR Tiziu, BRS Pérola, IAPAR81, IAPARSiriri eBRS Jalo; safra 2011/12: Fepagro 26, IPR Tiziu, IPR Tuiuiu, BRS Pérola, IPR126 eBRS Jalo; e safra 2012/13: Fepagro 26, IAC Formoso, IPR Uirapuru, BRS Pérola, IPR Tangará e IPR Tuiuiu.

Tabela 1. Zoneamento agrícola da cultura do feijão nos municípios dos Campos de Cima da Serra

Municípios	Ciclo dos cultivares	
	Precoce	Intermediário e Tardio
Zoneamento		
André da Rocha	01/10 a 10/12	11/10 a 10/11
Bom Jesus	11/11 a 10/12	01/11 a 10/12
Campestre da Serra	01/11 a 10/12	01/11 a 10/12
Esmeralda	21/10 a 10/12	21/10 a 10/11
Ipê	01/10 a 10/12	21/10 a 10/11
Monte Alegre dos Campos	01/11 a 10/12	01/11 a 10/12
Muitos Capões	01/11 a 10/12	21/10 a 10/11
Pinhal da Serra	21/10 a 10/12	21/10 a 10/11
Vacaria	01/11 a 10/12	01/11 a 10/12

Fonte: Portaria Nº 108, de 13 de junho de 2008, publicada pelo Ministério da Agricultura que define o Zoneamento Agrícola para a cultura de feijão 1ª safra no Estado do Rio Grande do Sul, ano-safra 2008/2009.

Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por quatro fileiras de 5,0m de comprimento e 0,4m de espaçamento entre fileiras (área experimental de 8m² e área útil de 4m², correspondendo

as duas fileiras centrais). A densidade de semeadura utilizada foi calculada para uma população de 200.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base foi de 350 kg ha⁻¹ de NPK, fórmula 5-20-20, e adubação de cobertura na dose de 50 kg de N ha⁻¹. Foram realizadas duas aplicações de

herbicida, uma em pré-emergência (dessecação) e outra em pós-emergência, e duas aplicações de fungicida e inseticida.

As avaliações realizadas foram baseadas nos componentes do rendimento, sendo quantificado o número de legumes/planta (média de 10 plantas da área útil de cada parcela), número de grãos/legume (média de 10 plantas da área útil de cada parcela), massa de mil grãos e produtividade de grãos (total produzido por todas as plantas existentes na área útil de cada parcela). Os dois últimos, após a secagem a 13% de umidade e a produtividade foi convertida para kg ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (p≤0,05) e, em caso de significância, complementados pelo teste de Tukey (p≤0,05) com o uso do programa estatístico WinStat, versão 2003.

Resultados e Discussão

Para todas as variáveis avaliadas e safras agrícolas houve interação entre os cultivares e as épocas de semeadura (Tabela 2 a 7). Na safra 2009/10, no município de Bom Jesus, para a variável número de legumes/planta, em geral, o número foi superior na segunda e terceira épocas de semeadura (Tabela 2).

Neste mesmo sentido, verificou-se variação entre cultivares para a variável número de grãos/legume, sendo, em geral, superior na segunda e terceira época de semeadura. Isto denota que, provavelmente, a maior temperatura do ambiente nestas épocas foi favorável a estes dois componentes do rendimento (Tabela 2). Contudo, não se verificou diferenças na massa de mil grãos entre as épocas, a exceção do cultivar BRS Jalo. Para a produtividade de grãos, apenas o cultivar IAPAR 81 evidenciou superioridade nas semeaduras de dezembro e de janeiro. Comparando os cultivares, o maior número de legumes/planta, foi para os cultivares BRS Pérola e IAPAR 81. Já, o número de grão/legume variou entre os cultivares, sendo o cultivar BRS Jalo, destacado dos demais. A produtividade de grãos variou entre os cultivares, sobressaindo-se, em geral, os cultivares IPR Uirapuru, IAPAR-81 e BRS Jalo (Tabela 2). A semeadura de feijão realizada tardiamente, no cultivo de safra do RS, reduziu a qualidade de grãos do cultivar BRS Pérola (RIBEIRO et al., 2008). Contudo, a semeadura de meados de janeiro proporcionou a obtenção de produtividade, bem como dos demais componentes de rendimento avaliados, iguais às de meados de novembro e de dezembro (Tabela 2).

Tabela 2. Número de legumes/planta, número de grãos/legume, massa de mil grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão em função de cultivares e épocas de semeadura. Bom Jesus-RS, 2009/10.

Semeadura ¹	IPRUirapuru	IPR Tiziu	BRS Pérola	IAPAR 81	IAPAR Siriri	BRS Jalo
Número de legumes/planta						
1ª época	13,5 A a ²	14 Aa	12 B a	13 B a	13,5 Aa	11,5 Aa
2ª época	15 A b	14 A b	17 Aa b	20 Aa	14 A b	13,5 A b
3ª época	14 Aa b	14 A b	17 Aa b	18 Aa	13,5 A b	13,5 A b
C.V. (%) ³	12,87					
Número de grãos/legume						
1ª época	5,6 A a ²	5,2 B ab	4,5 Bb	5,5 Aa	5,2 B ab	3,2 B c
2ª época	5,4 Aa b	6,1 Aa	5,0 AB bc	5,6 Aab	6,0 A a	4,2 A c
3ª época	5,4 A abc	6,1 Aa	5,2 Abc	5,1 Ac	6,0 A ab	4,0 A d
C.V. (%) ³	5,37					
Massa de mil grãos (g)						
1ª época	243 A b ²	212 A c	240 A b	251 A b	218 A c	466 Aa
2ª época	246 A b	214 A c	239 A b	249 A b	216 A c	465 Aa
3ª época	243 A b	212 A c	240 A b	251 A b	217 A c	466 Aa
C.V. (%) ³	2,49					
Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)						
1ª época	3725 A a ²	3072 Aa	2584 Aa	3599 B a	3075 Aa	3043 Aa
2ª época	3924,2 Aa	2987 A b	3646 A b	5379 Aa	3231 A b	3870 Aa
3ª época	3708 Aa	2545 A b	2564 Aa	4272 Aa	3303 Aa	2919 Aa
C.V. (%) ³	14,29					

¹Correspondente a 17/11/09, 15/12/09 e 06/01/10, respectivamente; ²Médias seguidas por letras minúsculas idênticas na linha, comparando cultivares dentro das épocas de semeadura e, maiúsculas na coluna, comparando épocas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05); ³C.V.= coeficiente de variação.

Na safra 2009/10, em Vacaria, para a variável massa de mil grãos houve pouca variação entre as épocas de semeadura, com diferença apenas para os cultivares IAPAR 81, IAPAR Siriri e BRS Jalo, onde a semeadura realizada em novembro e janeiro apresentou superioridade para o cultivar IAPAR 81 e IAPAR Siriri na semeadura de novembro e BRS Jalo na semeadura de

dezembro (Tabela 3). Já a variável produtividade de grãos foi, em geral, superior para todos os cultivares na semeadura de dezembro, enquanto que a semeadura de novembro apresentou resultados inferiores, em relação as semeaduras de dezembro e janeiro, para todas os cultivares testadas.

Tabela 3. Massa de mil grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão em função de cultivares e épocas de semeadura. Vacaria-RS, 2009/10.

Semeadura ¹	IPR Uirapuru	IPR Tiziu	BRS Pérola	IAPAR 81	IAPAR Siriri	BRS Jalo
Massa de mil grãos (g)						
1ª época	214 A c ²	212 A c	225 A c	292 A b	302 A b	370 C a
2ª época	230 A c	217 A c	224 A c	271 B b	262 C b	418 A a
3ª época	222 A c	212 A c	229 A c	281 AB b	280 B b	394 B a
C.V. (%) ³	3,83					
Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)						
1ª época	1237 B a ²	726 B a	1348 B a	964 C a	1355 B a	1200 B a
2ª época	2574 A a	1835 A b	2347 A ab	2624 A a	2255 A ab	2201 A ab
3ª época	1710 B a	1425 A a	1948 A a	1517 B a	1909 A a	1710 AB a
C.V. (%) ³	18,48					

¹Correspondente a 05/11/09, 10/12/09 e 14/01/10, respectivamente; ²Médias seguidas por letras minúsculas idênticas na linha, comparando cultivares dentro das épocas de semeadura e, maiúsculas na coluna, comparando épocas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); ³C.V.= coeficiente de variação.

Na safra de 2011/12, em Bom Jesus, para a variável número de legumes/planta não houve variação entre época de semeadura, a exceção da cultivar IPR Tuiuiu na terceira época de semeadura (Tabela 4). A variável número de grãos/legume não apresentou variação entre as épocas de semeadura. A massa de mil grãos foi superior na semeadura de janeiro para os cultivares Fepagro 26, IPR Tiziu e IPR Tuiuiu (Tabela 4). Os resultados de produtividade da safra de 2009/10 evidenciaram melhor a hipótese, pois nos cultivares Fepagro 26, IPR Tiziu e IPR Tuiuiu; os cultivares BRS Pérola e BRS Jalo não apresentaram variação entre épocas e a cultivar IPR-126 superioridade da segunda época

em comparação com a primeira. A produtividade de grãos foi, em geral, superior na segunda época de semeadura. Na comparação entre cultivares, o número de legumes/planta e de grãos/legume foi, em geral, semelhante entre os cultivares, a exceção do cultivar BRS Jalo que apresentou menor valor. O cultivar que apresentou maior massa de mil grãos foi a BRS Jalo, sobressaindo-se das demais. A produtividade de grãos diferiu entre cultivares apenas na segunda época de semeadura, semelhantemente a safra 2009/10, com maior produtividade dos cultivares Fepagro 26, IPR Tiziu, IPR Tuiuiu e IPR 26, em relação aos cultivares BRS Pérola e BRS Jalo (Tabela 4).

Tabela 4. Número de legumes/planta, número de grãos/legume, massa de mil grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão em função de cultivares e épocas de semeadura. Bom Jesus-RS, 2011/12.

Semeadura ¹	Fepagro 26	IPR Tiziu	IPRTuiuiu	BRS Pérola	IPR-126	BRS Jalo
Número de legumes/planta						
1ª época	18 A a ²	13 A abc	18 A a	10 A bc	14 A ab	6 A c
2ª época	18 A a	13 A ab	18 A a	15 A a	16 A a	7 A b
3ª época	23 A a	10 A b	7 B b	11 A b	11 A b	5 A b
C.V. (%) ³	23,33					
Número de grãos/legume						
1ª época	5 A a ²	5 A ab	4 A abc	3 A bc	4 A abc	3 A c
2ª época	5 A a	4 A abc	5 A ab	3 A bcd	3 A cd	3 A d
3ª época	5 A a	4 A ab	5 A ab	4 A ab	4 A b	4 A b
C.V. (%) ³	15,63					
Massa de mil grãos (g)						
1ª época	190 B d ²	223 B cd	233 B cd	293 A b	272 B bc	416 A a
2ª época	199 B e	243 B de	256 B c d	301 A bc	335 A b	431 A a
3ª época	252 A c	302 A bc	309 A b	327 A b	308 AB b	390 A a
C.V. (%) ³	3,83					
Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)						
1ª época	2820 AB a ²	2502 B a	2805 B a	1341 B a	2348 B a	1824 A a
2ª época	4207 A abc	5011 A ab	6035 A a	3351 A bc	5497 A a	2827 A c
3ª época	2502 B a	3115 B a	3228 B a	3199 A a	2270 B a	2475 A a
C.V. (%) ³	32,15					

¹Correspondente a 14/11/11, 16/12/11 e 12/01/12, respectivamente; ²Médias seguidas por letras minúsculas idênticas na linha, comparando cultivares dentro das épocas de semeadura e, maiúsculas na coluna, comparando épocas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05); ³C.V.= coeficiente de variação.

Em trabalho conduzido por Massignam et al. (1998) houve resposta diferenciada do rendimento do feijão em função da época de semeadura, em alguns locais do estado de Santa Catarina. O Estado de Santa Catarina apresenta 10 diferentes sub-regiões agroclimáticas, todas aptas para o cultivo do feijão, sendo que a época de semeadura é o fator diferencial entre as sub-regiões (MASSIGNAM et al., 1997). Simulações realizadas por Meireles et al. (2003) para diferentes épocas de semeadura do feijão, em Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás, identificaram quebras de rendimento superiores a 80% com a redução das chuvas e, conseqüentemente, da água disponível no solo.

Na safra 2011/12, em Vacaria, o número de legumes/planta apresentou pouca variação entre as

épocas de semeadura (Tabela 5). Por outro lado, o número de grãos/legume, em geral, foi superior na semeadura de dezembro. A massa de mil grãos apresentou variação entre épocas apenas para os cultivares BRS Pérola e BRS Jalo, sendo que no cultivar BRS Pérola a semeadura de meados de novembro foi superior às demais épocas, enquanto que para o cultivar BRS Jalo a semeadura de meados de dezembro foi superior às demais (Tabela 5). Na região central do Brasil, o rendimento de grãos de feijão é reduzido se a semeadura for realizada no período de outono-inverno (GOMES JUNIOR et al., 2005). A massa de mil grãos e o número de grãos por vagem são os componentes de maior influência na produtividade de grãos de cultivares de feijão (RAMOS JUNIOR et al., 2005).

Tabela 5. Número de legumes/planta, número de grãos/legume, massa de mil grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão em função de cultivares e épocas de semeadura. Vacaria-RS, 2011/12.

Semeadura ¹	Fepagro 26	IPR Tiziu	IPRTuiuiu	BRS Pérola	IPR-126	BRS Jalo
Número de legumes/planta						
1ª época	27 A a ²	15 B b	17 A b	16 AB b	19 A b	14 A b
2ª época	21 B a	18 AB ab	18 A ab	20 A ab	19 A ab	13 A b
3ª época	24 AB a	23 A a	18 A ab	11 B bc	19 A a	9 A c
C.V. (%) ³	23,33					
Número de grãos/legume						
1ª época	5 B a ²	4 AB abc	5 B ab	4 B bc	4 A abc	3 B c
2ª época	8 A a	5 A bc	6 A b	5 A bc	4 A cd	3 B d
3ª época	6 B a	3 B bc	5 AB a	4 B bc	3 A c	5 A ab
C.V. (%) ³	15,63					
Massa de mil grãos (g)						
1ª época	190 A c ²	224 A bc	221 A bc	269 A b	269 A b	372 B a
2ª época	199 A d	233 A bcd	224 A cd	281 B b	254 A bc	421 A a
3ª época	174 A c	207 A c	218 A c	197 C c	286 A b	364 B a
C.V. (%) ³	3,83					
Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)						
1ª época	3110 A a ²	2745 AB a	3785 A a	2506 A a	3002 A a	3210 A a
2ª época	3305 A a	3644 A a	3190 A a	3171 A a	1942 AB a	2954 A a
3ª época	1178 B a	1526 B a	1524 B a	1936 A a	934 B a	946 B a
C.V. (%) ³	32,15					

¹Correspondente a 16/11/11, 15/12/11 e 19/01/12, respectivamente; ²Médias seguidas por letras minúsculas idênticas na linha, comparando cultivares dentro das épocas de semeadura e, maiúsculas na coluna, comparando épocas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); ³C.V.= coeficiente de variação.

Na comparação entre cultivares, o número de legumes/planta e grãos/legume variou, sendo, em geral, superior no cultivar Fepagro 26 para todas as épocas de semeadura (Tabela 5). O destaque para a massa de mil grãos foi para o cultivar BRS Jalo; e, para a produtividade de grãos, na safra 2011/12 todas os cultivares responderam de forma semelhante. A avaliação de genótipos nas diferentes épocas de semeadura permite comparar melhor seu desempenho épocas e verificar a existência de padrões de similaridade entre as épocas de semeadura (PEREIRA et al., 2010).

Na safra de 2012/13, em Bom Jesus, o número de legumes/planta foi semelhante para todas os cultivares, a exceção do cultivar IPR Tuiuiu, onde o número foi superior na terceira época comparativamente a segunda (Tabela 6). O número de grãos/legumes foi superior, em geral, para a primeira e segunda época de semeadura. A

massa de mil grãos apresentou variação entre épocas de semeadura, respondendo conforme cultivar utilizada. Contudo, para produtividade de grãos, apenas no cultivar IPR Tuiuiu constatou-se diferença de produtividade entre épocas sendo a primeira superior a terceira.

Comparando-se cultivares, quanto ao número de legumes/plantas e a produtividade de grãos, não houve diferença entre as mesmas, independente da época de semeadura. O número de grãos/legume apresentou diferença entre cultivares apenas na terceira época de semeadura sobressaindo-se Fepagro 26 (Tabela 6). A massa de mil grãos apresentou diferença entre cultivares, visto que a mesma é dependente de características genéticas das mesmas. A época de semeadura não afetou a produtividade do cultivar Carioca Precoce (SIMIDU et al., 2010).

Tabela 6. Número de legumes/planta, número de grãos/legume, massa de mil grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão em função de cultivares e épocas de semeadura. Bom Jesus-RS, 2012/13.

Semeadura ¹	Fepagro 26	IAC Formoso	IPR Uirapuru	BRS Pérola	IPR Tangará	BRS Tuiuiu
Número de legumes/planta						
1ª época	10 A a ²	12 A a	12 A a	11 A a	9 A a	16 AB a
2ª época	10 A a	12 A a	14 A a	15 A a	7 A a	9 B a
3ª época	14 A a	13 A a	11 A a	15 A a	11 A a	20 A a
C.V. (%) ³	34,79					
Número de grãos/legume						
1ª época	4 B a ²	5 A a	5 A a	6 A a	5 A a	5 A a
2ª época	7 A a	5 A a	5 A a	5 A a	6 A a	6 A a
3ª época	9 A a	6 A b	5 A b	6 A b	6 A ab	5 A b
C.V. (%) ³	28,57					
Massa de mil grãos (g)						
1ª época	312 A a ²	253 A b	256 B b	269 B ab	272 B ab	312 A a
2ª época	329 A ab	278 A b	363 A a	321 A ab	340 A a	318 A ab
3ª época	208 B b	235 A ab	224 B ab	268 B a	248 B ab	237 B ab
C.V. (%) ³	9,69					
Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)						
1ª época	2580 A a ²	3147 A a	3129 A a	2836 A a	3164 A a	3730 A a
2ª época	2928 A a	3826 A a	2711 A a	3346 A a	2955 A a	2815 AB a
3ª época	2449 A a	3038 A a	2206 A a	2263 A a	1990 A a	2312 B a
C.V. (%) ³	21,02					

¹Correspondente a 22/11/12, 15/12/12 e 15/01/13, respectivamente; ²Médias seguidas por letras minúsculas idênticas na linha, comparando cultivares dentro das épocas de semeadura e, maiúsculas na coluna, comparando épocas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05);

³C.V.= coeficiente de variação.

Na safra 2012/13, em Vacaria, o número de legumes/planta foi superior, em geral, nas sementeiras de dezembro e janeiro (Tabela 7). O número de grãos/legume e massa de mil grãos não variaram entre as épocas de semeadura; e, a produtividade de grãos foi, em geral, superior nas sementeiras de dezembro e janeiro. Na comparação entre cultivares, para número de legumes/planta e grãos/legume, não houve diferença entre elas; na massa de mil grãos houve diferença entre

BRS Pérola e IPR Tangará as quais foram superiores de Fepagro 26 e IR Uirapuru; e, a produtividade de grãos, em geral, foi inferior para o cultivar IPR Uirapuru. O atraso da semeadura de feijão no planalto catarinense reduz a produtividade de grãos, sendo que a indicação desta prática deve ser acompanhada da recomendação de cultivares específicas e de um manejo adequado (BISOGNIN et al., 1997).

Tabela 7. Número de legumes/planta, número de grãos/legume, massa de mil grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão em função de cultivares e épocas de semeadura. Vacaria-RS, 2012/13.

Semeadura ¹	Fepagro 26	IAC Formoso	IPR Uirapuru	BRS Pérola	IPR Tangará	BRS Tuiuiu
Número de legumes/planta						
1ª época	11 A a ²	9 B a	6 B a	11 B a	8 B a	10 A a
2ª época	13 A a	20 A a	12 AB a	20 A a	15 AB a	13 A a
3ª época	18 A a	18 A a	19 A a	19 AB a	18 A a	17 A a
C.V. (%) ³	34,79					
Número de grãos/legume						
1ª época	4 A a ²	3 A a	4 A a	3 A a	4 A a	4 A a
2ª época	3 A a	3 A a	3 A a	3 A a	3 A a	4 A a
3ª época	3 A a	4 A a	3 A a	3 A a	3 A a	3 A a
C.V. (%) ³	28,57					
Massa de mil grãos (g)						
1ª época	192 A b ²	236 A ab	196 A b	256 A a	257 A a	209 A ab
2ª época	196 A b	236 A ab	199 A b	259 A a	256 A a	210 A ab
3ª época	198 A b	238 A ab	199 A b	259 A a	258 A a	209 A ab
C.V. (%) ³	9,69					
Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)						
1ª época	3362 A a ²	2638 B ab	1628 B b	2129 B ab	2322 B ab	2819 B ab
2ª época	3036 A a	4302 A ab	3843 A b	3777 A ab	3099 AB ab	3999 A ab
3ª época	3162 A a	4235 A a	3073 A a	3773 A a	3482 A a	3042 AB a
C.V. (%) ³	21,02					

¹Correspondente a 22/11/12, 24/12/12 e 19/01/13, respectivamente; ²Médias seguidas por letras minúsculas idênticas na linha, comparando cultivares dentro das épocas de semeadura e, maiúsculas na coluna, comparando épocas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

³C.V.= coeficiente de variação.

Conclusões

A semeadura em meados de dezembro proporciona maiores rendimentos para o cultivo do feijão, contudo, alguns cultivares podem também apresentar elevada produtividade mesmo se semeados até meados de janeiro.

A alta produtividade de feijão nas semeaduras não compreendidas no período indicado pelo zoneamento agrícola, na região dos campos de cima da serra do Rio Grande do Sul, sugere a possibilidade de extensão da recomendação do período de semeadura desta cultura.

Agradecimentos

As equipes de trabalho da UCS, UERGS e Fepagro Nordeste envolvidas na condução dos experimentos, a Secretaria de Ciência, Inovação e Desenvolvimento Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul e ao COREDE Campos de Cima da Serra pelo apoio financeiro a pesquisa.

Referências

ANDREWS, D.J.; HARDWICK, R.C. The effects of temperature and other variables on the contribution of lateral branches to yield in *Phaseolus vulgaris* L. **Annals of Botany**, v.48, p.15-23. 1981.

BISOGNIN, D.A.; ALMEIDA, M.L.; GUIDOLIN, A.F.; NASCIMENTO, J.A. Desempenho de cultivares de feijão em semeadura tardia no planalto catarinense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.2, p.193-199, 1997.

DICKSON, M.H.; BOETTGER, M.A. Effect of high and low temperature on pollen germination and seed set in snap beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.109, n.3, p.372-374. 1984.

FARLOW, P.J.; BYTH, D.E.; KRUGER, N.S. Effect of temperature on seed set and in vitro pollen germination in french beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.19, p.725-731. 1979.

GOMES JUNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; DE SÁ, M.E.; ARF, O.; RAPASSI, R.M.A. Rendimento do feijoeiro de inverno em resposta à época de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos. **Acta Scientiarum**, v. 27, n.1, p.77-81, 2005.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade Nutricional. In: ARAUJO, S.R. et al. **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 23-56.

MALUF, J.R.T.; CUNHA, G.R.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M.B.M.; CAIAFFO, M.R. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.468-476, 2001.

MASSIGNAM, A.M., VIEIRA, H.J., HEMP, S. et al. Ecofisiologia do feijoeiro. IV – Rendimento de grãos sob diferentes épocas de semeadura no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**,

Passo Fundo, v.6, n.1, p.55-61, 1998.

MASSIGNAM, A.M. VIEIRA, H.J.; HEMP, S.; FLESCHE, R.D. Ecofisiologia do feijoeiro. Vi - zoneamento agroclimático para o estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 6, n. 1, p. 69-73, 1997.

McINTYRE, G.I. Environmental control of apical dominance in *Phaseolus vulgaris*. **Canadian Journal of Botany**, v.54, p.293-299. 1973.

MEIRELES, E. J. L.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Risco climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás, GO. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 163-171, 2003.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; DÍAZ, J.L.C.; WENDLAND, A. Indicação de cultivares de feijoeiro-comum baseada na avaliação conjunta de diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.571-578, 2010.

RAMOS JUNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; SILVA, T.R.B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.75-82, 2005.

RIBEIRO, N.D.; POERSCH, N.L.; ROSA, S.S. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.936-941, 2008.

RIBEIRO, N.D.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POSSEBON, S.B. Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n.1, p.19-29, 2004.

SIMIDU, H.M.; SÁ, M.E.; SOUZA, L.C.D.; ABRANTES, F.L.; SILVA, M.P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.32, n.2, p.309-315, 2010.

Desempenho agronômico da cultura do trigo após inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*

Leandro Galon^{1*}, Felipe Adeliode David², André Luiz Radunz³, Cesar Tiago Forte², Lauri Lourenço Radunz¹, Amauri Nelson Beutler⁴, Gismael Francisco Perin¹, Ivan Renato Krolow⁵, Renato Kujawinski⁶, Camile Thais Castoldi²

Resumo – Objetivou-se com o trabalho avaliar, em condições de campo, o desempenho agronômico da cultura do trigo após inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, isolado ou associado a doses de nitrogênio. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 3 x 4, com quatro repetições. No fator A foram alocadas as doses de nitrogênio (0,0; 67,5 e 135,0 kg ha⁻¹) e no B as doses de *A. brasilense* (0,0; 100; 200 e 300 mL ha⁻¹). Na pré-colheita avaliou-se o número de espigas m⁻² e a altura de plantas de trigo. Após a colheita determinou-se o comprimento de espiga, o número de grãos cheios, estéreis, e total por espigas, a massa de mil grãos, a produtividade de grãos e o peso hectolitro. Os resultados demonstram efeitos diferenciados para as variáveis avaliadas após a aplicação de *A. brasilense* associado ou não às doses de nitrogênio. O efeito positivo de *A. brasilense* sobre as variáveis é observado, em geral, com o uso de doses superiores a 160 mL ha⁻¹ e na ausência da aplicação de nitrogênio. O *A. brasilense* influenciou negativamente a altura de planta e o número de espigas. Ocorreu redução do peso hectolitrico dos grãos de trigo com o incremento das doses de nitrogênio. A produtividade de grãos foi influenciada positivamente por *A. brasilense*, dentro de determinadas doses. A associação de *A. brasilense* e de nitrogênio apresenta efeito negativo na produtividade de grãos de trigo, sendo observada maior produtividade apenas quando a bactéria é aplicada na ausência do uso de nitrogênio. As variáveis comprimento de espiga, número de grãos totais por espiga, cheios e estéreis, e a massa de mil grãos não foram influenciadas pelos tratamentos.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. Produtividade. Fixação biológica de nitrogênio.

Agronomic performance of wheat after seed inoculation with *Azospirillum brasilense*

Abstract – The objective of the study was to evaluate in field conditions the agronomic performance of wheat after seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, isolated or associated with nitrogen levels. The experimental design was a complete randomized block in factorial scheme 4 x 3 with four replicates. In factor A the nitrogen levels were allocated (0.0, 67.5 and 135.0 kg ha⁻¹) and in B the *Azospirillum brasilense* levels (0, 100, 200 and 300 mL ha⁻¹). Before harvest the number of spikes m⁻² and plant height were evaluated. In harvest it was determined the spikes length, number of filled grains, sterile and full spikes, thousand grain weight, grain yield and hectoliter weight. The results presented differential effects for the variables evaluated after application of *A. brasilense* with or without nitrogen levels. The positive effect of *A. brasilense* on variables is observed, in general, with the use of levels over 160 mL ha⁻¹ and in absence of nitrogen application. The *A. brasilense* influenced negatively the plant height and the number of spikes. Reductions of hectoliter weight occurred with the increase of nitrogen levels. Grain yield was positively influenced by *A. brasilense* in certain levels. The association of *A. brasilense* and nitrogen fertilizer has a negative effect on grain yield and yield increased was observed only when the bacterium is applied in absence of nitrogen fertilizer. The spike length, number of total grains per spike, sterile and filled spike and thousand grain weight is not affected by treatments.

Key-words: *Triticum aestivum*. Yield. Biological nitrogen fixation.

Introdução

O trigo é o segundo cereal mais produzido no mundo, apresentando importância econômica, social e cultural para o mundo. No Brasil, a região Sul, na safra 2013,

cultivou 95,2% da área brasileira, sendo o estado do Rio Grande do Sul (RS) o maior produtor do cereal, responsável por aproximadamente 57% do volume de

Manuscrito submetido em 20/11/2014 e aceito para publicação em 26/04/2015

¹Eng. Agr. Doutor, Professor Adjunto, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, Rodovia RS 135, km 72, n.200, CEP: 99700-000, Erechim/RS, Tel.: (54) 3321-7347. E-mail: leandro.galon@uffs.edu.br. *Bolsista em produtividade de Pesquisa do CNPq.

²Eng. Agr. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da UFFS, Campus Erechim/RS.

³Eng. Agr. Doutor, Bolsista DTI/FAPERGS/CAPES/UFFS, Campus Erechim/RS.

⁴Eng. Agr. Doutor, Professor Adjunto, Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Campus Itaquí/RS.

⁵Eng. Agr. Doutor em Agronomia, Profissional Autônomo, Capão do Leão/RS.

⁶Acadêmico de Agronomia da UFFS, Campus Erechim/RS.

grãos produzidos no país (CONAB, 2014).

A obtenção de elevada produtividade nas lavouras tritícolas está condicionada ao lançamento de novas cultivares, aos manejos e tratos culturais adotados e principalmente ao uso de altas doses de fertilizantes, em especialos nitrogenados (MENEHIN et al., 2008; DARTORA et al., 2013), pois o nitrogênio (N) é considerado um nutriente limitante para o desenvolvimento, crescimento, produtividade e qualidade dos grãos (SALA et al., 2007; MENEHIN et al., 2008; MEGDA et al., 2009; TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

A busca por maiores produtividades tem aumentado o uso dos adubos nitrogenados nos cultivos agrícolas. Entretanto, além de elevar os custos de produção, esse fertilizante pode provocar a contaminação dos agroecossistemas devido às perdas por volatilização, lixiviação e desnitrificação (SANTOS e FAGERIA, 2007; SANT'ANA et al., 2010).

Desse modo, aliado à crescente demanda por uma agricultura mais sustentável, no que tange ao uso dos recursos naturais, a utilização de bactérias diazotróficas fixadoras de N tem sido foco de muitas pesquisas. Para gramíneas, como arroz, trigo, milho e sorgo, a fixação biológica de N₂ da atmosfera por bactérias dos gêneros *Herbaspirillum*, *Burkholderia* e *Azospirillum* tem demonstrado suprir parcialmente a demanda das plantas (HUNGRIA et al., 2010). Destaca-se entre essas o *A. brasilense*, pelos resultados positivos alcançados quando associado a gramíneas, tais como o milho e trigo (HUNGRIA et al., 2010; MENDES et al., 2011; NOVAKOWSKI et al., 2011; ARAÚJO et al., 2014).

Contudo, apesar da existência de resultados positivos em gramíneas, com o uso de *A. brasilense*, é de conhecimento que o genótipo da planta hospedeira e as condições climáticas do local de cultivo são fundamentais para o estabelecimento da interação planta-bactéria e conseqüentemente ter-se a obtenção dos benefícios da associação (CAVALLET et al., 2000; REIS et al., 2000; SALA et al., 2007; LANA et al., 2012; DARTORA et al., 2013).

Dessa forma, acredita-se que a inoculação das sementes de trigo com a bactéria diazotrófica *A. brasilense* pode melhorar o desempenho agrônômico e conseqüentemente aumentar a produtividade de grãos da cultura. Nesse sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar, em condições de campo, o desempenho agrônômico da cultura do trigo após inoculação das sementes com *A. brasilense*, isolada ou associada a doses de N, no Alto Uruguai do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental do Colégio Agrícola Estadual Ângelo Emílio Grando, em Erechim/RS, durante a safra 2012/2013. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (EMBRAPA, 2013). A correção do pH e a adubação foram realizadas com base na análise de solo e seguindo as recomendações técnicas para a cultura do trigo conforme a Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2011).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos

casualizados, arranjado em esquema fatorial 3 x 4, com quatro repetições. No fator A foram alocadas as doses de nitrogênio (0,0; 67,5 e 135,0 kg ha⁻¹) e no B as doses de *A. brasilense* (0,0; 100; 200 e 300 mL ha⁻¹).

A cultivar de trigo semeada foi a TBIO Pioneiro, tendo em vista o recente lançamento e o potencial de utilização para a região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul. A cultivar é de ciclo médio, semeada no espaçamento entre linhas de 0,17 m, com densidade média de 290 plantas m⁻². As unidades experimentais apresentaram 5 m de comprimento por 2,21 m de largura (11,05 m²).

A bactéria *A. brasilense* cepas Ab-V5 e Ab-V6, contendo a concentração de 2 x 10⁸ unidades formadoras de colônia mL⁻¹ (produto comercial Masterfix Gramíneas®), foi inoculada na forma líquida às sementes de trigo, previamente à semeadura realizada em 27/06/2012.

As doses de N foram aplicadas em cobertura, em duas fases fenológicas, metade da dose no afilhamento e a outra metade no alongamento dos nós. Para tanto, aplicou-se o N na forma de ureia (45% de N), de acordo com os tratamentos propostos.

Das variáveis avaliadas, a altura de plantas foi mensurada com régua graduada desde a base do solo até o ápice da espiga de modo aleatório em dez plantas de cada unidade experimental. O número de espigas foi determinado contando-as em quadrilátero 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) no centro de cada unidade experimental. Para determinar o comprimento de espigas (cm), número de grãos cheios, estéreis e o total de grãos por espiga, colheram-se aleatoriamente, em cada unidade experimental, 10 espigas de trigo, acondicionando-as em saco de papel e para as determinações em laboratório. Quando os grãos atingiram 18% de umidade, efetuou-se a colheita do trigo, em área útil de 3 x 1,5 m (4,5 m²), em cada unidade experimental, efetuando-se posteriormente a trilha. Na sequência, a umidade dos grãos foi ajustada para 13% e a produção extrapolada para kg ha⁻¹. Determinou-se ainda a massa de mil grãos (g), ao contar oito amostras de 100 grãos cada para serem pesadas em balança analítica e o peso hectolitro (kg hL⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F (p<0,05) e, sendo significativos, submetidos a modelos de regressão polinomial. A escolha dos modelos baseou-se na significância estatística (teste F), no ajuste do coeficiente de determinação (R²) e no significado biológico do modelo.

Resultados e Discussão

Os resultados demonstram que houve interação entre as doses de *A. brasilense* e as doses de N para as variáveis número de espigas (NE) e produtividade de grãos (P). Já para as variáveis altura de planta e peso hectolitro, foi constatado apenas efeito simples da dose da bactéria e/ou do N. O comprimento de espiga e o número de grãos estéreis por espiga, número de grãos cheios, total de grãos por espiga e massa de mil grãos não apresentaram efeito da interação e nem efeito simples dos tratamentos.

A altura de plantas apresentou efeito simples das doses de *A. brasilense* e das doses de N. O incremento das doses de *A. brasilense* provocou redução de aproximadamente 11% na altura de plantas até a

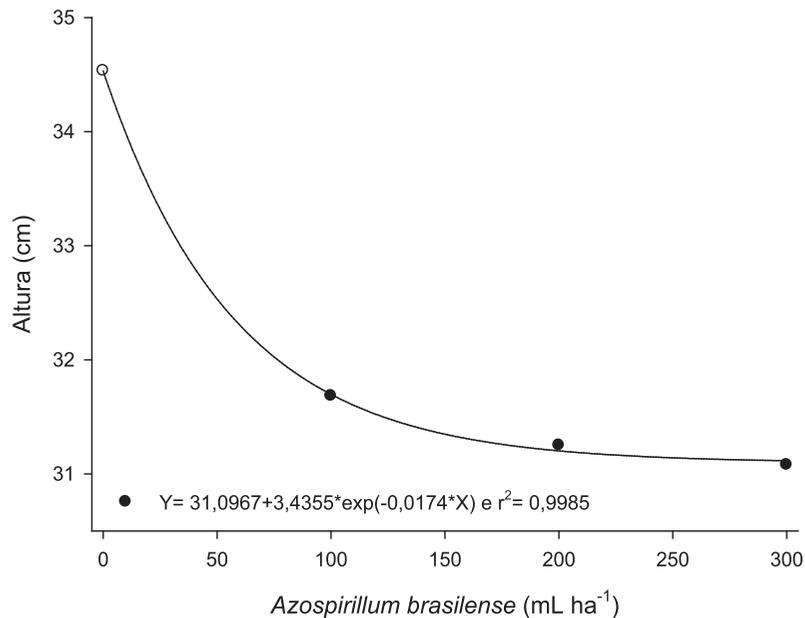


Figura 1. Altura de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense*. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

aplicação de 200 mL ha⁻¹ (Figura 1). Resultados distintos foram verificados por Cavallet et al. (2000) e Dartora et al. (2013) na cultura domihlo, os quais não observaram a influência da inoculação de *Azospirillum* spp. sobre a altura das plantas.

A aplicação de doses crescentes de N demonstrou incremento linear na altura das plantas de trigo (Figura 2). Observou-se que a altura das plantas variou em 8,5% ao se usar entre 0 e 135 kg ha⁻¹, sendo constatado incremento de 0,019 cm a cada 1,0 kg de N aplicado.

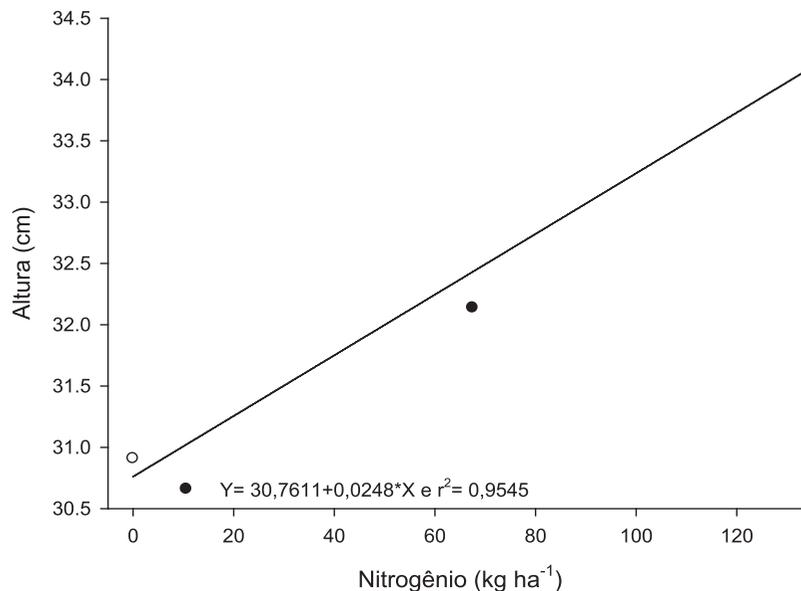


Figura 2. Altura de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida a doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

O número de espigas m⁻² apresentou interação entre as doses de *A. brasilense* e a dose 0 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). Constatou-se aumento de 7% no número de espigas, quando aplicados 300 mL ha⁻¹ em comparação ao uso de 0 mL ha⁻¹ da bactéria. Aumento próximo a 30% no número de espigas de milho, quando inoculadas as sementes com *A. brasilense*, foi constatado por Araújo et al. (2014), comparando-se com o tratamento sem inoculação. O aumento no número de espigas pode ser atribuído ao maior desenvolvimento radicular das plantas da cultura, quando inoculadas com a bactéria (ARAÚJO et al., 2014), fato que pode promover melhor

absorção do N disponível no solo. Resultado contraditório foi observado por Didonet et al. (2000) ao avaliarem a inoculação das estirpes de *A. brasilense* 245 e o isolado 10 de *A. lipoferumna* cultura do trigo, constatando redução no número de espigas por unidade de área. Pode-se inferir que a inoculação da semente de trigo com *A. brasilense* é associada à cultura em que a mesma é inoculada, da cultivar e das condições edafoclimáticas dos locais de cultivo; ou seja, as respostas variaram em relação ao local de cultivo, o que sugere expressiva interação planta-bactéria-ambiente, conforme também observado por Sala et al. (2007).

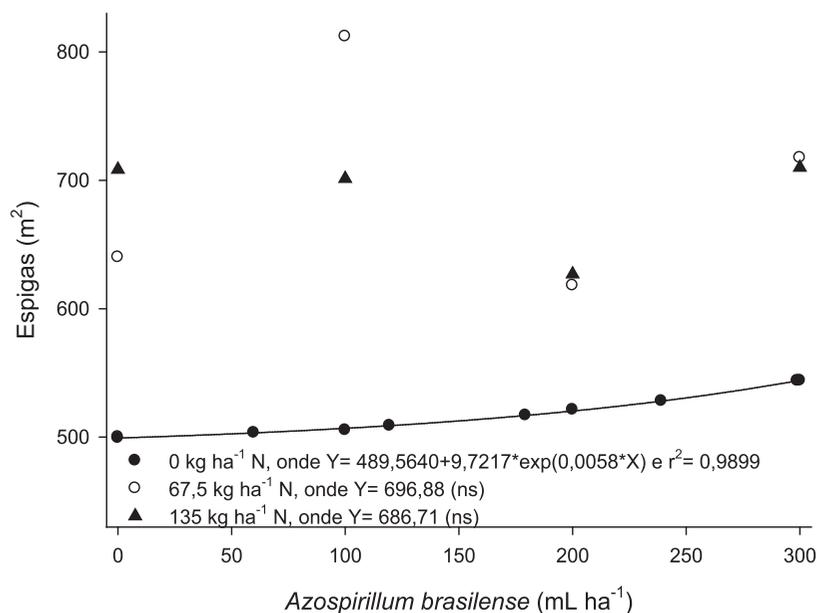


Figura 3. Número de espigas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

Para comprimento de espiga e número de grãos estéreis por espiga, não foram verificadas interação e nem efeito simples dos fatores testados, constatando-se comprimento médio da espiga de 8,0 cm e 9,0 grãos estéreis por espiga (dados não apresentados). Já Cavallet et al. (2000) verificaram que a inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. proporcionou, em média, aumento de 6% no comprimento das espigas na cultura do milho. Convém destacar que as culturas respondem de maneira diferenciada à inoculação das sementes com *A. brasilense*, pois em milho pode-se ter efeito positivo (Cavallet et al., 2000). Já em trigo, arroz e cevada, alguns autores encontraram efeitos neutros ou mesmo negativos (SLAFER e RAWSON 1994; DIDONET et al., 2000; SANTA et al., 2004).

O número de grãos cheios por espiga não apresentou interação nem efeito simples para os fatores, sendo verificados em média 38,4 grãos cheios por espiga. Diferente do encontrado, Didonet et al. (2000) relataram que a inoculação com bactérias diazotróficas endofíticas pode proporcionar translocação mais eficiente da biomassa das plantas para os grãos, produzindo grãos mais cheios e pesados. Isso porque a ação da bactéria sobre a planta potencializa a absorção e assimilação de N, essencial para as gramíneas expressarem grãos mais cheios (CAVALLET et al., 2000; ARAÚJO et al., 2014).

Para o número de grãos totais por espiga, constatou-se em média 47,7 grãos, sem verificar efeitos significativos dos tratamentos. Araújo et al. (2014), ao avaliarem a massa de espigas de milho, observaram aumento da variável ao inocularem a semente, em comparação aos tratamentos sem a presença de *A. brasilense*. Em trigo, Didonet et al. (2000) não constataram diferença no número de grãos por espiga

entre os tratamentos inoculados e não inoculados com *A. brasilense* e *A. lipoferum*.

O resultado da massa de mil grãos demonstrou que não houve interação entre as doses de *A. brasilense* e de nitrogênio, sendo verificado sem média 33,7 g. Sala et al. (2007) verificaram que independente da dose das bactérias diazotróficas (*Azospirillum brasilense*, *Achromobacter insolitus* e *Zoogloea ramigera*) ou da cultivar utilizada, a massa de mil grãos foi influenciada positivamente pelo emprego dos isolados testados. Para Didonet et al. (2000), o efeito positivo da interação *A. brasilense* com o N deve-se à melhor distribuição desse nutriente na planta, implicando em maior translocação para os grãos de trigo.

O peso hectolítrico (PH) não apresentou interação entre os fatores, sendo significativo apenas para as doses de nitrogênio (Figura 4). Constatou-se presente trabalho que o aumento na dose de nitrogênio promoveu redução no PH, sendo o mesmo fato verificado por Prado et al. (2012) ao avaliar doses de nitrogênio no desempenho agrônomico de genótipos de trigo. De acordo com Frizzone et al. (1996), a redução do PH pode ser atribuída à maior competição entre grãos por foto assimilados, já que o incremento das doses de N proporcionam aumento no número de espigas e no número de grãos. Entretanto, na presente pesquisa, estudou-se a interação das doses de *A. brasilense* e doses de N e não foi possível identificar o efeito isolado do N sobre as variáveis número de espigas (m²) e número de grãos por espiga. Ressalta-se que o PH é um dos parâmetros mais importantes que expressa a qualidade do trigo destinado à produção de farinha e que foi afetado negativamente pelo incremento na dose de N.

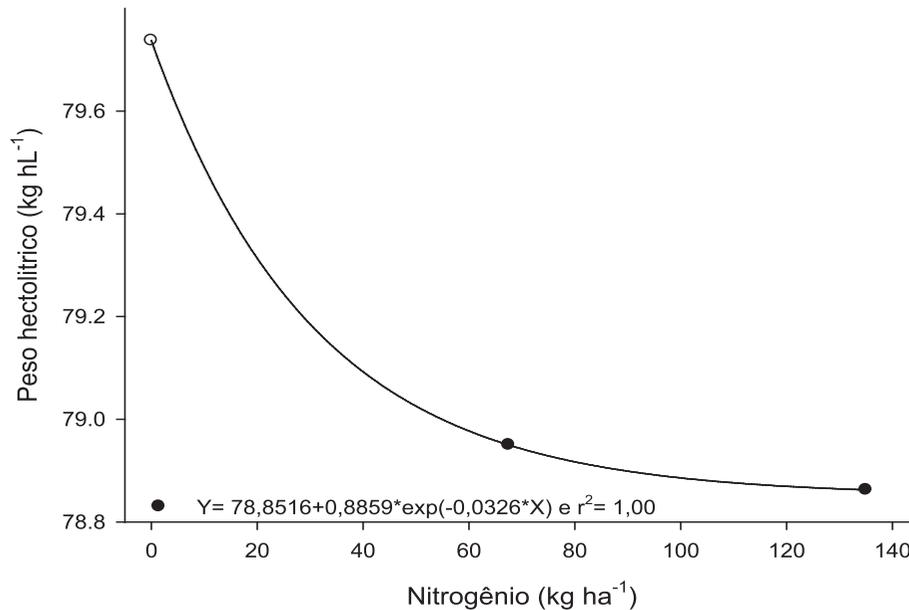


Figura 4. Peso hectolitro (kg hL⁻¹) de grãos de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à aplicação de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

Os valores observados para produtividade de grãos apresentaram interação significativa entre as doses de *A. brasilense* e de N (Figura 5). Para a dose 0 kg ha⁻¹ de N, observou-se maior produtividade de grãos quando associada à dose de 175 mL ha⁻¹ (2.885 kg ha⁻¹), sendo esta 16,9% superior à dose 0 da bactéria. A partir da dose 175 mL ha⁻¹ constatou-se redução da produtividade, fato que pode estar associado ao gasto energético destinado à emissão de novos perfilhos. Isso porque, segundo Didonet et al. (2000), o *A. brasilense* estimula o perfilhamento das plantas na fase inicial, que podem competir entre si por N, o que afetará a produtividade de grãos do trigo posteriormente.

Resultados do efeito positivo da inoculação de *A. brasilense* em gramínea são descritos por Cavallet et al. (2000), os quais verificaram que a aplicação de 100gd do produto comercial Graminante® em 20 kg de sementes de milho elevou a produtividade da cultura em 17% quando comparada à testemunha sem inoculante. Para Lana et al. (2012), a produtividade da cultura do milho quando analisada para dose 0 kg ha⁻¹ de N aumentou, em média, 11,4% nos tratamentos inoculados com *Azospirillum*, quando comparados aos tratamentos sem inoculação. Contudo, Sala et al. (2007) observaram que na ausência de fertilizante nitrogenado e na presença de *A. brasilense* isolado IAC-AT-8, nos genótipos de trigo ITD-19 e IAC-AT-8, não obtiveram benefício na produtividade de grãos com a inoculação das sementes.

A interação das doses de 67,5 e 135 kg ha⁻¹ de N com as doses da bactéria demonstram que, em ambas as doses de N, a presença da bactéria provocou redução na produtividade de grãos, quando comparada à produtividade obtida na ausência de *A. brasilense*

(Figura 5). Constatou-se que a adição de *A. brasilense* até a dose de 220 e 235 mL ha⁻¹, associada respectivamente com a dose 67,5 e 135 kg ha⁻¹ de N, provocou redução de 16,51 e 29,34% na produtividade de grãos. A partir das doses de 220 e 235 mL ha⁻¹ verificou-se estabilização e posterior leve aumento nos valores de produtividade até a maior dose da bactéria (300 mL ha⁻¹). Por conseguinte, pode-se inferir que o uso da bactéria apenas justifica-se quando não é aplicado N. Os resultados obtidos são corroborados por Lana et al. (2012), os quais verificaram que a inoculação das sementes com *Azospirillum* associada à adubação nitrogenada em cobertura reduziu a produtividade do milho.

Pode-se associar o efeito negativo da inoculação de doses da bactéria e o uso de doses de N sobre a produtividade à redução da eficiência de fixação biológica, especialmente pelo amônio contido nos adubos nitrogenados, pois este reduz rapidamente a atividade da enzima responsável pela transformação do N₂ atmosférico (Lopes, 2007).

Entretanto Sala et al. (2007) destacam que foi possível verificar benefícios de até 26% na produtividade de grãos provenientes da inoculação associada à maior dose de N testada (120 kg ha⁻¹). Santa et al. (2004), em seus ensaios com trigo, cevada e aveia em casa de vegetação, também relataram aumento de produtividade na associação de *Azospirillum* spp. com adubações nitrogenadas. Cavallet et al. (2000) propõem que a inoculação maximiza a utilização de N disponível e proporciona translocação mais eficiente da biomassa das plantas para os grãos, produzindo grãos mais pesados (DIDONET et al., 2000).

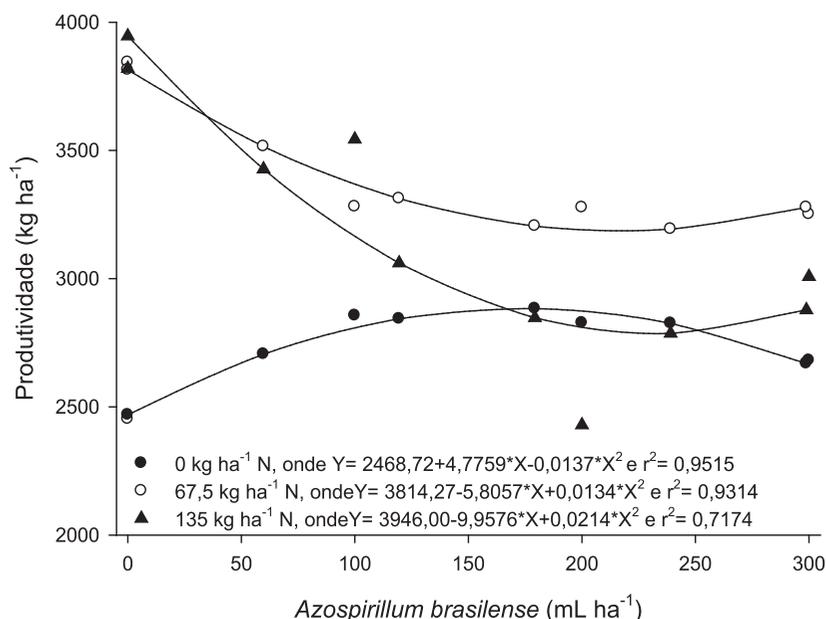


Figura 5. Produtividade de grãos de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação com doses de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

Conclusões

O efeito positivo de *A. brasilense* sobre as variáveis é observado, em geral, com o uso de doses superiores a 160 mL ha⁻¹ e na ausência da aplicação de nitrogênio. O *A. brasilense* influenciou negativamente a altura de planta e o número de espigas. Ocorreu redução do peso hectolitro dos grãos de trigo com o incremento das doses de nitrogênio. A produtividade de grãos foi influenciada positivamente por *A. brasilense*, dentro de determinadas doses. A associação de *A. brasilense* e de nitrogênio apresenta efeito negativo na produtividade de grãos de trigo, sendo observada maior produtividade apenas quando a bactéria é aplicada na ausência do uso de nitrogênio. As variáveis comprimento de espiga, número de grãos totais por espiga, cheios e estéreis, e a massa de mil grãos não foram influenciadas pelos tratamentos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo auxílio financeiro à pesquisa e pelas concessões de bolsas.

Referências

- ARAÚJO, R.M. et al. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.44, n.7, p.10-15, 2014.
- CAVALLET, L.E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.129-132, 2000.
- COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para o**

trigo e triticale: safra 2012. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 204p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Trigo - Brasil. Série Histórica de: área, produtividade e produção. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 11 jun.2014.

DARTORA, J. et al. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1023-1029, 2013.

DIDONET, A.D. et al. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.401-411, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FRIZZONE, J.A. et al. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.6, p.425-434, 1996.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1-2, p.413-425, 2010.

LANA, M.C. et al. Inoculação com *Azospirillum*, associado à adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Ceres**, v.59, n.3, p.399-405, 2012.

LOPES, A.S. Fixação biológica do nitrogênio no sistema solo-planta. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., Piracicaba. **Anais...s.l.:** IPNI Brasil, 2007.

MEGDA, M.M. et al. Resposta de cultivares de trigo ao

nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1055-1060, 2009.

MENDES, M.C.et al. Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.95-110, 2011.

MENEZES, M.F.S. et al. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o trigo em latossolo vermelho do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p.1941-1948, 2008.

NOVAKOWSKI, J.H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho *Semina*. **Ciências Agrárias**, v.32, n.4, p.1687-1698, 2011.

PRANDO, A.M. et al. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agronômico de genótipos de trigo *Semina*: **Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.621-632, 2012.

REIS, V.M.et al. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Reviews in Plant Science**, v.19, n.3, p.227-247, 2000.

SALA, V.M.R. et al. Resposta de genótipo de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.833-842, 2007.

SANTA, O.R.D. et al. *Azospirillum sp.* Inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. **Revista Brasileira de Biologia e Tecnologia**, v.47, n.6, p.843-850, 2004.

SANT'ANA, E.V.P.et al. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p.491-496, 2010.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N.K. Manejo do nitrogênio para eficiência de uso por cultivares de feijoeiro em várzea tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1237-1248, 2007.

SLAFER, G.A.; RAWSON, H.M. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, n.4, p.393-426, 1994.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.T. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p.797-804, 2010.

Influência da poda sobre características produtivas e de qualidade em videiras na região de Pelotas/RS

André Luiz Radünz¹, Edgar Ricardo Schöffel¹, Carolina Terra Borges¹,
Amanda Fabres Oliveira Radunz²

Resumo – Objetivou-se com o presente trabalho determinar a influência da época de realização da poda seca e da desfolha, sobre a produção e a qualidade da uva 'Bordô' (*Vitis labrusca*) e 'BRS Violeta' (Híbrida), para as condições climáticas da mesorregião de Pelotas/RS. Para tanto, realizaram-se duas épocas de poda seca, classificadas como normal e tardia, e também a realização da desfolha em parte do vinhedo quando as bagas encontravam-se no estágio de chumbinho. Avaliou-se durante a colheita, a produção por planta, a massa dos cachos, o número de cachos por planta, o número médio de bagas por cacho e o teor de sólidos solúveis. A cultivar bordô apresenta maior produção e número de cachos que a BRS Violeta, para todos os tratamentos avaliados. Entretanto, a cultivar BRS Violeta apresentou maior teor de sólidos solúveis que a Bordô, para as duas épocas de poda seca. A desfolha, para a cultivar Bordô, proporciona maior número de cachos e produção, mas sem diferença na BRS Violeta. Entretanto, a realização desta reduz o número de bagas por cacho em ambas as cultivares. Tanto para época normal ou tardia de poda seca, a massa de cachos é maior nos tratamentos com desfolha. Já sem desfolha a poda tardia proporciona cachos com maior massa.

Palavras-chave: Poda seca. Sólidos solúveis. Uva. Agricultura familiar. Agrometeorologia

Dry pruning and defoliation in 'Bordô' and 'BRS Violeta' vineyards in the region of Pelotas/RS

Abstract – This study had as its objective to determine the influence of the period of execution of the dry pruning and the carrying out of the green pruning on the production and quality of the 'Bordô' grape (*Vitis labrusca*) and 'BRS Violeta' (Híbrida) under climatic conditions in the mesoregion of Pelotas/RS. For this task, two periods of dry pruning were carried out in part of the vineyards when the grapes found themselves in the chumbinho stage. During the harvest there was an evaluation of the production per plant, the mass of the clusters, the number of clusters per plant, the average number of grapes per cluster and the rate of soluble solids. The dry pruning when performed at the normal time without peeling reduces the weight of the bunches when performed late now favors the increase in the number of berries per cluster in 'Claret' and reduces under BRS Violet '. The realization of the dry season on the accumulation of soluble solids pruning differed only in that the defoliation treatment was performed, being greater in the later period. Defoliation favors the increase of soluble solids in the late period with no differences for the normal season. Defoliation increased the weight of bunches under cultivation and Claret no difference to the BRS Violet '.

Key-words: Dry pruning. Soluble solids. Grape. Family farms. Agrometeorology

Introdução

A produção de frutíferas de clima temperado no estado do Rio Grande do Sul representa aproximadamente 49,3% do volume de frutas produzido no Brasil (FACHINELLO et al., 2011). Neste contexto está a viticultura, a qual pode ser considerada de importância econômica e social para a região Sul do Brasil, dado ao crescente aumento no consumo de uvas, tanto na forma in natura como beneficiada em sucos e vinhos (IBRAVIN, 2014), proporcionando sua inserção nas propriedades agrícolas familiares, sendo uma alternativa para a diversificação da matriz produtiva. Para produzir frutas de adequado padrão qualidade, nas regiões de clima temperado do Brasil, são necessários estudos de manejo para adaptar as plantas às condições edafoclimáticas locais (FACHINELLO et al., 2011).

Neste sentido, a poda é um dos fatores externos à planta que mais influencia a produção e a qualidade dos

frutos, sendo que o seu adequado estabelecimento baseia-se numa boa relação entre o tamanho final dos frutos, o rendimento e a qualidade final desejada.

A época na qual é realizada a poda seca permite ao produtor interferir na relação entre o desenvolvimento das plantas e as condições do tempo ao longo do ciclo da cultura (RADUNZ et al., 2013). Assim, o viticultor pode manejar o vinhedo, a fim de reduzir os riscos do ciclo ou de fases fenológicas sensíveis, quando ocorrerem adversidades climáticas, além de ser uma ferramenta para auxiliar na obtenção de melhores produções e qualidade de frutos.

A desfolha é uma das formas de poda verde, a qual consiste na eliminação de folhas para favorecer o arejamento na região das inflorescências e dos cachos de uva, proporcionando melhores condições para a maturação dos frutos, por conseguinte favorecendo a

Manuscrito submetido em 27/01/2015 e aceito para publicação em 28/05/2015

*Autor correspondente, e-mail: alradunz@yahoo.com.br

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Campus Capão do Leão, RS.

²Universidade Federal de Pelotas (UFPel), curso de Pós-Graduação em Sociologia, Campus porto, Pelotas, RS.

qualidade destes (MIELE et al., 2009; ANZANELLO et al., 2011).

O efeito da época de realização da poda seca sobre aspectos de produção e qualidade das uvas foi documentado por Neis et al. (2010), para a cv. Niágara Rosada, no estado de Goiás. E na região da campanha do Rio Grande do Sul, Pötter et al. (2010) relataram o efeito da desfolha sobre a cv. Cabernet Sauvignon, sendo que ambos demonstram haver influência destas práticas sobre o comportamento produtivo e qualitativo dos frutos, associando estes a relação entre a prática das diferentes podas as condições locais de desenvolvimento das plantas.

Assim, estudos que estabeleçam melhor compreensão das relações entre o manejo, a qualidade e os fatores ambientais locais assumem importância ao viticultor, pois as diferentes práticas de manejo adotadas no vinhedo podem interferir nas características quantitativas e qualitativas dos frutos. Face ao exposto, objetivou-se determinar a influência da época de realização da poda seca e da desfolha na produção e na qualidade da uva *Vitis labrusca* e de um híbrido (BRS Violeta), nas condições climáticas da mesorregião de Pelotas/RS, em uma propriedade comercial.

Material e métodos

A pesquisa foi conduzida durante o ano agrícola 2010/2011, em vinhedo localizado em uma propriedade rural caracterizada como agrícola familiar, localizada no município de Pelotas – RS, Brasil (31° 30' S; 52° 34' W e Altitude 122 m).

Para o estudo foram utilizadas duas cultivares de uvas, ambas recomendadas para a região de Pelotas/RS (NACHTIGAL e MIGLIORINI, 2009), sendo uma a 'Bordô' (*Vitis labrusca*), conduzida em pé franco, e outra a 'BRS Violeta' (Híbrida), sob o porta enxerto RR 10114. O sistema de condução usado foi latada, com espaçamento de 2 m na linha e 3 m na entre linha.

O delineamento experimental foi completa-mente casualizado, no esquema fatorial 2x2x2, sendo alocados no primeiro fator as cultivares (Bordô e BRS Violeta), no segundo fator a época de poda seca (Normal: realizada em 14/09 e Tardia: realizada em 29/09) e no terceiro fator a poda verde (com desfolha ou sem esta). Cabe destacar que a 'BRS Violeta' recebeu poda curta, duas gemas, para a formação dos ramos e poda longa, com varas de seis gemas, para a produção. Na 'Bordô' foi realizada poda longa (varas com 5 a 6 gemas).

Foram utilizadas 50 plantas por tratamento, sendo testados oito tratamentos: BNC; BNS; BTC; BTS; VNC; VNS; VTC e VTS, onde a 1ª letra refere-se a cultivar (Bordô (B) ou BRS Violeta (V)); 2ª letra a época de realização da poda seca (Normal (N) ou Tardia (T)) e a 3ª letra representa a desfolha (Com (C) ou Sem (S)).

A realização da desfolha foi executada quando os cachos encontravam-se no estágio de chumbinho. Para tanto, utilizou-se a escala fenológica proposta por Eichorn & Lorenz (1984), sendo removidas todas as folhas abaixo da inserção do primeiro cacho. Este nível de desfolha vem sendo adotado nos trabalhos de autores como Mandelli et al. (2008) e Anzanello et al. (2011).

As avaliações realizadas foram de produção por planta, número de cachos por planta, massa por cacho,

número de bagas por cacho e o teor de sólidos solúveis (SS). A massa individual dos cachos, avaliada durante a colheita, constou da colheita de dois cachos por planta, em vinte plantas por tratamento, sendo os cachos submetidos a pesagem individual em balança eletrônica e expressos em gramas. A quantificação da produção por planta foi realizada através da coleta de todos os cachos, de seis plantas por tratamento, sendo realizada a pesagem da massa individual de cada planta em balança mecânica e expresso em kg planta⁻¹.

O número de cachos foi contabilizado através da contagem do número total destes em seis plantas por tratamento, previamente a colheita, a qual foi realizada na Bordô normal, com e sem desfolha, dia 17/02; na Bordô tardia, com e sem desfolha, 18/02; na BRS Violeta normal, com e sem desfolha, dia 05/02 e na BRS Violeta tardia, com e sem desfolha, no dia 03/02. Nestas mesmas seis plantas, foram selecionados aleatoriamente dez cachos por planta, sobre os quais realizou-se a contagem do número de bagas por cacho, o que representou em média 7% e 30% dos cachos de cada planta, respectivamente, para a 'Bordô' e 'BRS Violeta'.

A avaliação do teor de sólidos solúveis (SS) foi realizada durante a colheita dos frutos, sendo obtidas amostragens a cada três dias durante a fase de maturação, considerando-se a data da colheita quando houve a estabilização do SS. Para tal, foi utilizado um refratômetro manual de campo, através da amostragem em cinco plantas por tratamento, coletando-se três bagas de dois cachos por planta, para cada tratamento.

As variáveis respostas foram submetidas a análise de variância e, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) de probabilidade.

Resultados e discussão

A massa média dos cachos de uva foi influenciada pela interação entre a época de realização da poda seca e da desfolha (Tabela 1). A realização da desfolha propiciou aumento na massa média dos cachos nas plantas podadas na época normal, superando aquelas manejadas sem a desfolha, sendo os valores, em média, 9% superiores. Na poda tardia não foi verificado efeito na massa dos cachos. Radunz et al. (2013) avaliando o efeito da poda seca e da desfolha sobre a quantidade de radiação solar interceptada ao nível do cacho verificou, nos tratamentos que receberam a desfolha, maior interceptação da radiação pelos cachos. Neste sentido ainda Miele et al. (2009) relatam que a desfolha melhora o arejamento do vinhedo, favorecem a menor incidência de doenças fúngicas e contribuindo assim para o aumento da produtividade do vinhedo e da qualidade da uva e do vinho.

Tabela 1. Massa média (g) dos cachos de uva para duas épocas de poda seca e com ou sem a realização da desfolha, em Pelotas/RS para a safra 2010/2011.

PODA SECA	DESFOLHA	
	COM	SEM
NORMAL	121,24 aA	110,13 bB
TARDIA	119,53 aA	120,90 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados nesta pesquisa, para o efeito da desfolha sobre a massa de cacho, difere daqueles encontrados por Anzanello et al. (2011) com as cultivares *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera*. Os autores ao realizarem a desfolha em diferentes posições do ramo, na fase de pré-maturação dos frutos, observaram que a desfolha até a altura do cacho não influenciou nos aspectos de produção por planta, massa por cacho e na qualidade dos frutos. Acredita-se que os diferentes estádios em que a desfolha foi realizada possa ter sido o responsável pela distinção entre os resultados encontrados na presente pesquisa. Com relação à época de realização da poda seca (Tabela 1), verificou-se menor valor da massa de cacho apenas na época normal quando a desfolha não foi realizada, fato que possivelmente possa estar associado à maior incidência de radiação solar nos cachos do tratamento que recebeu a desfolha e por conseguinte favoreceu o crescimento dos frutos. Neste sentido, Santos (2006) destaca que o menor dossel pode contribuir para a maior penetração de luz e que sua

incidência nos cachos aumenta a fertilidade dos mesmos e contribui para o crescimento dos frutos.

O número de bagas por cacho apresentou interação entre cultivar ('Bordô' e 'BRS Violeta') e época de poda seca (Normal e Tardia) (Tabela 2) e isolado para o efeito da desfolha (Tabela 3). A época de realização da poda seca apresentou resultados distintos para as cultivares, sendo na época normal de poda seca observado maior número de bagas por cacho nas plantas da 'BRS Violeta' e na época tardia para a cultivar 'Bordô' (Tabela 2). Fato que pode ser associado a distintas respostas intrínsecas as cultivares em relação as distintas condições climáticas que as plantas estão expostas, pois para Brighenti et al. (2011), o aumento na massa de cachos, bem como no número de bagas por cacho, pode ser associado a uma melhoria no percentual de frutificação efetiva. Isto porque a frutificação efetiva está relacionada às condições climáticas, como o atendimento as necessidades térmicas da cultivar (ALVES et al., 2012).

Tabela 2. Número médio de bagas por cacho das videiras 'Bordô' e 'BRS Violeta' manejadas sob duas épocas de poda seca em Pelotas/RS, na safra 2010/2011.

CULTIVAR	PODA SECA	
	NORMAL	TARDIA
BORDÔ	50,41 bB	53,69 aA
VIOLETA	59,55 aA	51,58 bB

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A realização da desfolha influenciou negativamente no número de bagas por cacho, conforme demonstrado na Tabela 3. O mesmo foi observado por Diago et al. (2010) pesquisando a *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. Ainda, pode-se associar a redução no número de bagas por cacho com a fixação das bagas no cacho (*fruit set*), ocasionada pela redução no acúmulo de fotoassimilados provocado pela remoção das folhas precocemente. Entretanto, deve-se destacar que, a desfolha, apesar de ter reduzido o número de bagas, em geral, proporcionou

aumento na massa média de cachos. Logo presume-se que o tamanho das bagas tenha sido influenciado pela realização da desfolha, cabendo estudos futuros que possam avaliar o efeito da desfolha sobre o tamanho das bagas. Resultados relacionados ao efeito da retirada de folhas dos ramos produtivos da videira "Superior Seedless" no 'Submédio' São Francisco, com relação ao volume de bagas foram avaliados por Souza et al. (2012), os quais verificaram que o menor número de folhas propiciou aumento no volume das bagas.

Tabela 3. Número médio de bagas por cacho das videiras 'Bordô' e 'BRS Violeta' manejadas sob duas épocas de poda seca em Pelotas/RS, na safra 2010/2011.

DESFOLHA	NÚMERO MÉDIO DE BAGAS
COM	52,87 b
SEM	54,75 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o número a produção por planta foi verificada interação entre os fatores época de poda seca, desfolha e cultivar (Tabela 4). As maiores produções por planta foram observadas nos tratamentos BNC e BTS. A cultivar Bordô, podada na época normal teve maior produção por planta quando submetidas a desfolha, sendo 14% maior do que no tratamento que não foi realizado esta prática (Tabela 4). Este incremento de produção está associado ao maior número de cachos, também encontrado sobre este tratamento, como possível consequência da retirada de folhas que não contribuíam para a produção de assimilados (PONI et al., 2005) e por este motivo, segundo Fachinello et al. (2009), permitiu uma seleção mais criteriosa dos ramos, facilitando a penetração de energia radiante e canalizando a energia para os ramos remanescentes.

A realização da desfolha também apresentou efeito na cultivar Bordô podada tardiamente (Tabela 4). Entretanto, as maiores médias de produção por planta ocorreram no tratamento em que esta prática não foi realizada. Acredita-se que para esta época de poda se tais resultados estejam relacionados ao nível de desfolha adotado que, apesar de favorecer a penetração da radiação solar e a circulação de ar, possivelmente eliminou folhas que contribuiriam com a produção de assimilados para os cachos (MANDELLI, 2003; MANDELLI, 2008; PÖTTER, 2010).

A produção por planta apresentou diferença entre as

duas cultivares, tendo em média a cultivar BRS Violeta representado apenas 18% da produção da 'Bordô' e não apresentado diferença entre os tratamentos avaliados. Acredita-se que a maior produção, verificada na cultivar Bordô, esteja associada a distinção genética entre as cultivares. Entretanto, Camargo (2005) destaca que, mesmo apresentando menor produção, a 'BRS Violeta' é uma alternativa para o setor vitivinícola Brasileiro, juntamente com as cultivares já disponíveis, para compor e incrementar a qualidade e a competitividade do vinho de mesa e do suco de uva no Brasil.

Da mesma forma que para a produção, para o número de cachos também ocorreu interação entre os fatores os 3 fatores (Tabela 4). Constatou-se que a realização da desfolha em plantas da cultivar Bordô, podada na época normal, propiciou maior número de cachos, mas não apresentando diferença para a época tardia. Quanto ao efeito da época de poda seca, a cultivar Bordô obteve na época normal com desfolha 177 cachos, valor 12% superior ao encontrado na época tardia (Tabela 4).

Constata-se ainda, Tabela 4, que o tratamento BNC apresentou o maior número de cachos e que não houve diferença no número de cachos por planta, para os tratamentos BNS, BTC e BTS, sendo encontrado sobre estes o menor número de cachos. Entretanto para a cultivar BRS Violeta não foi verificada diferença entre os tratamentos avaliados.

Tabela 4. Produção (kg planta⁻¹) e número de cachos por planta das videiras 'Bordô' e 'BRS Violeta' sob duas épocas de poda seca e com ou sem a realização da desfolha, em Pelotas/RS para a safra 2010/2011.

Variável	Cultivar	SISTEMA DE PODA			
		NORMAL		TARDIA	
		COM	SEM	COM	SEM
Produção	BORDÔ	21,65 aAA	18,65 aBB	18,58 aBB	20,20 aAA
	BRS VIOLETA	3,68 bAA	3,52 bAA	3,55 bAA	3,47 bAA
Número de cachos	BORDÔ	177 aAA	168,83 aBA	155,66 aAB	158,66 aAB
	BRS VIOLETA	30,66 bAA	32,33 bAA	29,66 bAA	30,66 bAA

Médias dentro de cada variável, seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha; a primeira letra maiúscula compara a realização da desfolha (com ou sem), para uma determinada época de poda seca (normal ou tardia); e a segunda letra maiúscula compara as épocas de poda seca (normal ou tardia), para uma mesma desfolha (com ou sem); são significativamente diferentes pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o acúmulo de sólidos solúveis (SS) foi constatada interação entre cultivar e poda seca e entre a poda seca e a desfolha (Tabela 5). O maior teor de SS foi obtido na cultivar BRS Violeta, independente da época da poda seca, sendo encontrados valores de 17,83 °Brix e 19,3 °Brix, respectivamente para a época normal e tardia de poda seca. Segundo Camargo et al. (2005), em

condições normais de cultivo, as uvas da 'BRS Violeta' atingem entre 19° e 21°Brix, variando com as condições climáticas de cada safra. Sendo estes valores superiores aos verificados para a cultivar Bordô que, em média, apresentou entre 15,3 e 16 °Brix (MAIA e CAMARGO, 2005).

Tabela 5. Sólidos Solúveis (SS/°Brix) das videiras 'Bordô' e 'BRS Violeta' manejadas sob duas épocas de poda seca em Pelotas/RS, na safra 2010/2011.

CULTIVAR	PODA SECA	
	NORMAL	TARDIA
BORDÔ	17,16 bA	16,44 bB
VIOLETA	17,83 aB	19,3 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

A realização da poda na época tardia favorece o acúmulo de açúcares na 'BRS Violeta' e prejudicou este acúmulo na 'Bordô' (Tabela 5). Isto pode estar associada ao número de bagas por cacho, pois coincidem os tratamentos com menores acúmulos de sólidos solúveis com aqueles de maior número de bagas por cachos (Tabela 2). Ainda para o teor de SS, quanto a relação entre a desfolha e a poda seca, verifica-se diferença entre as épocas de poda seca apenas nos tratamentos com

desfolha, sendo as maiores médias obtidas na época tardia (Tabela 6).

Para a época da poda seca, percebe-se associação inversa entre os dados de massa média de cacho (Tabela 1) e de SS (Tabela 6) para o tratamento sem desfolha. Verificando-se que quando o cacho apresentou maior massa o acúmulo de SS foi menor. Já quando realizou-se a desfolha não verificou-se diferença estatística para a época de poda seca.

Tabela 6. Sólidos Solúveis (SS, °Brix) de *Vitis labrusca* manejada sob duas condições de poda seca e desfolha. Pelotas/RS safra 2010/2011.

PODA SECA	DESFOLHA	
	COM	SEM
NORMAL	17,44 bA	17,55 aA
TARDIA	18,06 aA	17,67 aB

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Quando a desfolha foi realizada na época normal de poda seca não influenciou o acúmulo de SS, mas favorece a maior massa média dos cachos. A prática da desfolha também se mostrou melhor na época tardia, pois proporcionou maior acúmulo de SS, sendo o mesmo observado em trabalhos realizados em várias regiões vitícolas (PONI et al., 2006; KOZINA et al. 2008; MANDELLI et al., 2008), os quais mostram que desfolhar ligeiramente a zona dos cachos, em diversos estádios fenológicos, aumenta o teor de sólidos solúveis.

massa de cachos, já a desfolha proporcionou maior massa de cachos.

Quanto ao número de cachos e a produção por planta, a cultivar bordô foi à única influenciada pelos tratamentos, sendo obtido maior valor das variáveis quando foi realizada a desfolha. Entretanto, a realização desta reduz o número de bagas por cacho em ambas as cultivares.

Entre as cultivares, a bordô apresenta maior produção e número de cachos que a BRS Violeta independente do tratamento avaliado. Entretanto, a cultivar BRS Violeta apresentou maior teor de sólidos solúveis que a Bordô, para as duas épocas de poda seca.

Conclusões

A época de realização da poda seca não influenciou a

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

Referências

- ALVES, G.; SILVA, J.; DE MIO, L.L.M.; BIASI, L.A. Comportamento fenológico e produtivo de cultivares de pessegueiro no município da Lapa, Paraná. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, p.1596-1604, 2012.
- ANZANELLO, R.; SOUZA, P.V.D.; COELHO, P.F. Desfolha em videiras americanas e viníferas na fase de pré-maturação dos frutos. **Ciência Rural [online]**, v.41, p.1132-1135, 2011.
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000700004&lang=pt>. 20 Dez. 2014.
- BRIGHENTI, A.F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A.; SCHLEMPER, C. Desempenho vitivinícola da Cabernet Sauvignon sobre diferentes porta-enxertos em região de altitude de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.096-102, 2011.
- CAMARGO, U.A.; MAIA, J.D.G.; NACHTIGAL, J.C. **BRS Violeta nova cultivar de uva para suco e vinho de mesa**. Pelotas (Comunicado técnico 63), 2005.
- FACHINELLO, J.C.; PASA, M.S.; SCHMITZ, J.D.; BETEMPS, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.109-120, 2011.
- DIAGO, M.P.; VILANOVA, M.; TARDAGUILA, J. Effects of timing of manual and mechanical early defoliation on the aroma of *Vitis vinifera* L. Tempranillo wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.61, p.382-391, 2010.
- FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura - Fundamentos e práticas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009, 304 p.
- GIOVANINNI, E. **Produção de uvas para vinhos, suco e mesa**. 3.ed. Porto Alegre: Renascença, 2008, 364p.
- GRANGEIRO, L.C.; LEÃO, P.C.; SOARES, J.M. Caracterização fenológica e produtiva da variedade de uva Superior Seedless cultivada no vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.552-554, 2002.
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452002000200054&lang=pt>. 12 Jan. 2015.
- HUNTER, J.J.; VILLIERS, O.T.; WATTS, J.E. The effect of partial defoliation on quality characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. 'Cabernet Sauvignon' grapes. II. Skin sugar, and wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.42, p.13-18, 1991.IBRAVIN. Brasil Vitivinícola.
<<http://www.ibravin.org.br/brasilvitivinicola.php>>. 13 Jan. 2014.
- KOZINA, B.; KAROGLAN, M.; HERJAVEC, S.; JEROMEL, A.; ORLIC, S. Influence of basal leaf removal on the chemical composition of Sauvignon Blanc and Riesling wines. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.6, p.28-33, 2008.
- LEÃO, P.C.S.; SILVA, E.E.G. Caracterização fenológica e requerimentos térmicos de variedades de uvas sem sementes no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.379-382, 2003.
- MAIA, J.D.G.; CAMARGO, U.A. **Sistema de Produção de Uvas Rústicas para Processamento em Regiões Tropicais do Brasil**. Bento Gonçalves (Sistema de Produção, 9), 2005.
- MANDELLI, F.F.; MIELE, A.; RIZZON, L.A.; ZANUS, M.C. Efeito da poda verde na composição físico-química do mosto da uva Merlot. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.667-674, 2008.
- MIELE, A.; RIZZON, L.A.; MANDELLI, F. Manejo do dossel vegetativo da videira e seu efeito na composição do vinho Merlot. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, p.463-470, 2009.
- MURISIER, F.; FERRETTI, M. Trial on leaf removal in the zone grape buch of Merlot grapevines in Ticino, Switzerland. Effects on the quality of grapes and wines. **Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture**, v.36, p.355-359, 2004.
- NACHTIGAL, J.C.; MIGLIORINI, L.C. **Recomendações para produção de videiras americanas e híbridas para processamento na região de Pelotas**. Pelotas, (Circular Técnica 77), 2009.
- NEIS, S.; REIS, E.F.; SANTOS, S.C. Produção e qualidade da videira cv. Niágara Rosada em diferentes épocas de poda no Sudoeste Goiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.1146-1153, 2010.
- PETERSON, J.R.; SMART, R.E. Foliage removal effects on "Shiraz" grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.26, p.119-124, 1975.
- PONI, S.; CASALINI, L.; BERNIZZONI, F.; CIVARDI, S.; INTRIERI, C. Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.57, p.397-407, 2006.
- PONI, S.; BERNIZZONI, F.; BRIOLA, G.; CENNI, A. Effects of early leaf removal on cluster morphology, shoot efficiency and grape quality in two *Vitis vinifera* cultivars. **Acta Horticulturae**, v.689, p.217-226, 2005.
- PÖTTER, G.H.; DAUDT, C.E.; BRACKAMNN, A.; LEITE, T.T.; PENNA, N.G. Desfolha parcial em videiras e seus efeitos em uvas e vinhos Cabernet Sauvignon da região da Campanha do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.40, p.2011-2016, 2010.
- RADUNZ, A.L.; SCHOFFEL, E.R.; HALLAL, M.O.C.; BRIXNER, G.F. Efeito da época de poda e da desfolha na interceptação de radiação solar na videira Bordô. **Bragantia**, v.72, p.403-407, 2013.
- SANTOS, H.P. Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos. Comunicado Técnico 71, 2006. Disponível em:

<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/comunicado/col071.pdf>>. Acesso em: Maio de 2015.

SATO, A.J.; SILVA, B.J.; BERTOLUCCI, R.; CARIÉLO, M.; GUIRAUD, M.C.; FONSECA, I.C.B.; ROBERTO, S.R. Evolução da maturação e características físico-químicas de uvas da cultivar Isabel sobre diferentes porta-enxertos na Região Norte do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, p.11-20, 2009.

SOUZA, E.R.; RIBEIRO, V.G.; PIONÓRIO, J.A.A. Intensidades de desfolha para qualidade de cachos da videira "Superior Seedless" no 'Submédio' São Francisco. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, p.87-98, 2012.

Liquid lime: effect on soil chemical properties and wheat grain yield¹

Amauri Nelson Beutler², Giovane Matias Burg³, Marcelo Raul Schmidt³,
Evandro Ademir Deak³, Leandro Galon⁴

Abstract – Brazilian soils are usually acid and require correction to provide high yields. To this end, milled lime, in powder form, has been used effectively for decades. Recently, liquid lime was proposed for both acidity correction and supply of Ca²⁺ and Mg²⁺. The aim of this study was to evaluate the effect of liquid lime on soil chemical properties and wheat grain yield. The experimental design was completely randomized with five treatments and four replications, with 3 × 4 m (12 m²) plots. The treatments were levels of 0, 5, 10, 20 and 40 L ha⁻¹ of liquid lime applied to the soil surface in March 2013 with a nozzle array and liquid sprayer rate of 160 L ha⁻¹. Soil chemical properties were evaluated after 30 days. In June, wheat was sown. In harvest were evaluated wheat shoot dry matter, mass of 100 grains and grain yield in 2 m² area. Liquid lime up to a level of 40 L ha⁻¹ did not improve soil chemical properties and wheat grain yield.

Key-words: Soil acidity. Liming. *Triticum aestivum* L.

Calcário líquido: efeito nas propriedades químicas do solo e produtividade de grãos de trigo

Resumo – Os solos do Brasil são geralmente ácidos e necessitam da correção da acidez para obtenção de altas produtividades. Para tal, o calcário moído, em pó, tem sido utilizado com eficiência há décadas. Recentemente foi lançado o calcário líquido para a correção da acidez e fornecimento de Ca²⁺ e Mg²⁺. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do calcário líquido nas propriedades químicas do solo e na produtividade de trigo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, constituídas por parcelas de 3 x 4 m (12 m²). Os tratamentos foram as doses de 0, 5, 10, 20 e 40 L ha⁻¹ de calcário líquido aplicado na superfície do solo, em março de 2013, via pulverizador com bico leque e vazão de 160 L ha⁻¹ de calda. Foram avaliadas as propriedades químicas do solo após 30 dias, na camada de 0-10 cm. Foi semeado trigo, cultivar Quartzo e na colheita foram avaliados a massa seca da parte aérea das plantas, massa de 100 grãos e a produtividade de grãos em área de 2 m². O calcário líquido, até a dose de 40 L ha⁻¹, não melhorou as propriedades químicas do solo e a produtividade de grãos de trigo.

Palavras-chave: Acidez do solo. Calagem. *Triticum aestivum* L.

Introduction

Brazilian soils are usually acid and require correction and fertilization to provide high yields. Acidity is one of the factors which limits crop yield worldwide, because in such conditions Ca²⁺ deficiency and Al³⁺ toxicity usually occur (Fageria e Baligar 2008). The acidification process is continuous and requires periodic correction. In this context liming is the main method used. Lime adds Ca²⁺ and Mg²⁺, increases the pH and soil basis saturation and neutralizes Al³⁺ toxicity, providing favorable conditions for root system growth, nutrient and water absorption by plants (Ciotta et al. 2004, Caires et al. 2005, Caires et al. 2008, Castro e Crusciol 2013).

Milled limestone is used, in powdered form. However, it is usually necessary to apply it in large quantities and it is difficult homogeneous application on soil surface that increases costs of transportation and application, apart from the generation of dust during application. Furthermore, in no-till systems, which are used for more than 50% of agricultural crops in Brazil, the liming is performed on the surface and splits during the cultivation season (Dalla Nora et al. 2013), without incorporation, promoting only superficial effects

because lime has low solubility in soil (Rampim et al. 2011). When lime is applied on the soil surface the effective action usually occurs in a 0-10 cm layer (Amaral et al. 2004). Furthermore, liming with powdered lime must occur at least three months before sowing or planting to allow the soil to react and provide benefits to plants.

Given the difficulties in relation to powdered lime, liquid lime has been suggested as an alternative. It is easier to obtain and provides uniformity of application with spray equipment or by fertirrigation, improves operating performance, can be applied in small amounts, and has a rapid effect because it is composed of nanoparticles which are smaller than regular particles and therefore react faster in soil. However, more scientific studies are required to assess its effectiveness. According to the manufacturer, liquid lime is a source of Ca²⁺ e Mg²⁺, increases pH and basic saturation, neutralizes Al³⁺ toxicity, does not require incorporation, and needs rainfall of just 30 mm after its application for product reaction in soil, because it is composed of nanoparticles diluted in water, forming a fluid that is

¹Manuscrito submetido em 13/03/2015 e aceito para publicação em 09/11/2015

²Prof. Associado, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui, Itaqui, RS, Brasil. E-mail: amaurib@yahoo.com.br

³Graduandos em Agronomia, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui, Itaqui, RS, Brasil. E-mail: gio_burg@hotmail.com, marceloraulschmidt@hotmail.com, evandro.deak@hotmail.com

⁴Prof. Adjunto, Universidade Federal Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim, Erechim, RS, Brasil. E-mail: leandro.galon@uffs.edu.br

easier to add by spraying on the soil surface.

Liquid lime is sold in Brazil, and was particularly popular from the harvest of 2012/13. However, its efficiency still needs investigation in scientific studies involving soil chemical analysis and crop yield, as there are few studies on liquid limestone.

Wheat is one of the most economically important winter crops in the southern Brazilian region and liming is essential to obtain high yield, because this practice enables the neutralization of toxic elements, greater availability of nutrients and improvement of the environment for root growth and plant development. Caires et al. (2006) obtained wheat grain yield 140% higher than without liming using powder lime in an acid soil.

The hypothesis is that liquid lime raises the pH and the content of Ca^{2+} e Mg^{2+} in soil, promoting greater wheat grain yield.

The aim of this study was to evaluate the effect of liquid lime on soil chemical properties and wheat grain yield.

Material and Methods

The experiment was conducted in geographic coordinates of 29° 09' 09" S, 56° 33' 03" W, 64 m altitude, 0.8% slope, in an Ultissol with 190 g kg^{-1} of clay. According to Köppen-Geiger, the climate type is Cfa, humid subtropical without a dry season, with hot summers (Peel et al. 2007).

The experimental design was completely randomized with five treatments and four replications, with plots of 3 x 4 m. The treatments were levels of 0, 5, 10, 20 and 40 L ha^{-1} of liquid lime applied on soil surface with a nozzle array and liquid sprayer rate of 160 L ha^{-1} .

The liquid lime product was Nyon Solo Cal® with 297.5 e 102.0 g L^{-1} of Ca^{2+} and Mg^{2+} , respectively, named by the manufacturer as a source of Ca^{2+} e Mg^{2+} with the characteristics of an acidity corrective. The recommendation is 5 L of the commercial product, on the soil surface, for each ton of powdered lime recommended by soil chemical analysis.

The area was cultivated one year with soybean after natural vegetation, before this experiment. The soil was leveled by disking and on March 26, 2013 liquid lime was applied. After the lime addition, rainfall measuring 60 and 40 mm fell after 6 and 16 days (April 1 and 10) after application, respectively.

Thirty days after lime application, a period in which 100 mm of rain fell, soil chemical properties were evaluated according to Tedesco et al. (1995) in a 0-10 cm soil layer, and 15 subsamples were collected and mixed in order to homogenize the soil and form a full sample per plot.

The wheat, cultivar quartz, medium cycle, was sown on June 12 in lines, with 60 seeds per meter, 17 cm between rows, and 350 plants/ m^2 . The fertilization was as recommended by CQFS-RS/SC (2004), with 300 kg ha^{-1} of formulation 5-20-20, N-P-K, and 225 kg ha^{-1} of urea in two surfaces applications: the first applied of 150 kg ha^{-1} in tillering at 30 days, and the second at 75 kg ha^{-1} 75 days after sowing.

At harvest, the shoot dry matter was evaluated in 0.25 m^2 area with two replicates per plot, and mass of 100 grains and grain yield in 2 m^2 area, and corrected to 13% moisture.

Data were subjected to analysis of variance performed at 5% level of probability. When results were significant regression equations were adjusted.

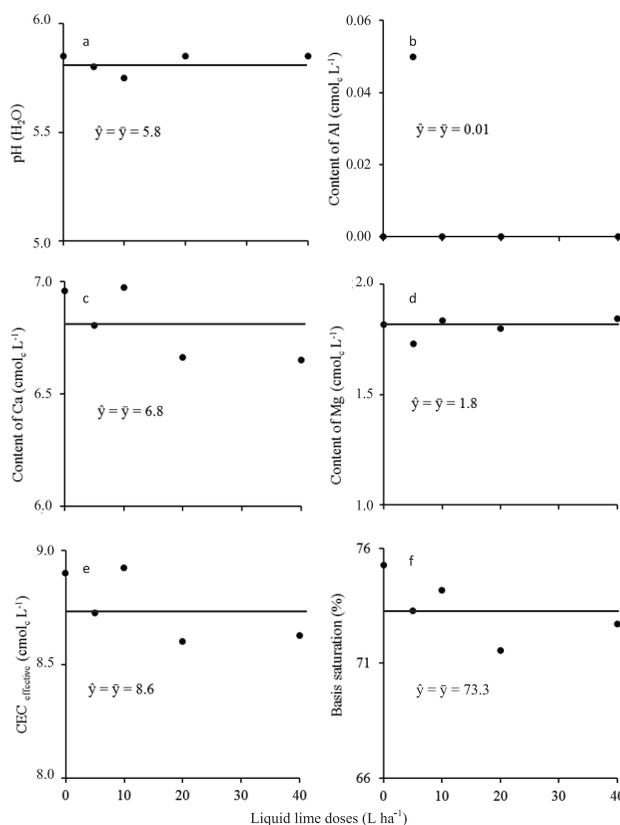


Figure 1 - Soil chemical properties in layers of 0 - 10 cm, 30 days after surface liquid lime application and 100 mm of rainfall. CEC: cation exchange capacity.

Results and Discussion

The chemical soil properties did not change with the application of up to 40 L ha⁻¹ of liquid lime (Figure 1a, b, c, d, e, f). This is a high amount, as the manufacturer's recommendation is 5 L ha⁻¹ for each ton of powdered lime recommended by the soil chemical analysis. Thus, 40 L ha⁻¹ is considered equivalent to 8 t ha⁻¹ of powdered lime. Similar results were obtained by Carmo et al. (2013), who found that application of 14.5 L ha⁻¹ of liquid lime did not improve soil chemical properties 87 days after application. According to these researchers, in soil water content at field capacity, 10 days after the application of powdered lime with a power relative neutralization total of 85%, at 1.41 t ha⁻¹, soil pH increases, although liquid lime applied did not change soil pH.

So the conditions after application of liquid lime on soil surface were appropriate and the time was sufficient for reaction of the nanoparticles of Ca²⁺ and Mg²⁺ contained in the product, since two rainfalls occurred, one of 60 mm and another of 40 mm, at 6 and 16 days after surface liming, respectively, providing water soil saturation and water content close to field capacity for several days, suitable for lime reaction (Carmo et al. 2013) and conduction of Ca²⁺ and Mg²⁺ in depth (Alcarde & Rodella 2003). Rainfall is essential, because it increases soil water content and accelerates lime reaction, allowing entrainment of Ca²⁺ and Mg²⁺ in depth (Alcarde & Rodella 2003).

In relation to reaction time, the samples were collected 30 days after surface application of liquid lime and total rainfall of 100 mm, necessary and sufficient conditions for the reaction of lime nanoparticles in soil. According to MAPA (2006) and Carmo et al. (2013), finer particles react faster in soil, suggesting that the liquid lime applied in this study had sufficient time and moisture conditions for reaction in soil.

Moreover, the soil was leveled by disking which

made it more porous and allowed greater water infiltration and movement of the nanoparticles contained in the liquid lime applied to the soil surface, facilitating the lime reaction and expression of its benefits in soil chemical properties. According to Amaral et al. (2004), lime has an effective action in layers 0-10 cm in depth, so the samples were collected from this layer for better assessment of the liquid lime effect.

Despite that all the assumptions in the experiment were attended, as ideal conditions after application, use of high doses and sampling in surface layer, there was no increase in soil pH, level of Ca²⁺, Mg²⁺ or soil basis saturation. Therefore, there was no soil acidity correction or Ca²⁺ and Mg²⁺ addition. This was possibly because of the low amounts of Ca²⁺ and Mg²⁺ and low neutralization power, in doses recommended by the manufacturer, compared with levels of Ca²⁺ and Mg²⁺ much highest in powder lime (Alcarde 2005, MAPA 2006), why was not verified response to liquid lime application until 40 L ha⁻¹.

In relation to Ca²⁺ and Mg²⁺, when was applied the high dose, 40 L ha⁻¹ of liquid lime, equivalent to 8 t ha⁻¹ of powder lime according manufacturer's recommendation, was added in soil 11.9 kg ha⁻¹ of Ca²⁺ and 4.08 kg ha⁻¹ of Mg²⁺, very small amounts, compared to added with powder lime according to MAPA (2006). These amounts do not satisfy current wheat plant requirements, and those of subsequent crops, leading to reduced soil fertility over the years, because the addition is smaller than the crop requires and the amounts exported in wheat grain in a single crop cultivation. Analysis of the wheat production in this experiment of 2,983 kg ha⁻¹ (Figure 2c), showed that approximately 9.2 kg ha⁻¹ of Ca²⁺ were exported, considering that Ca²⁺ content in wheat grains is on average 3.10 mg g⁻¹ (Gargantini & Blanco 1973).

Wheat shoot dry matter contains approximately 2.96 mg g⁻¹ of Ca²⁺, according to Raza et al. (2013), which, multiplied by the 5,954 kg ha⁻¹ of wheat shoot dry matter

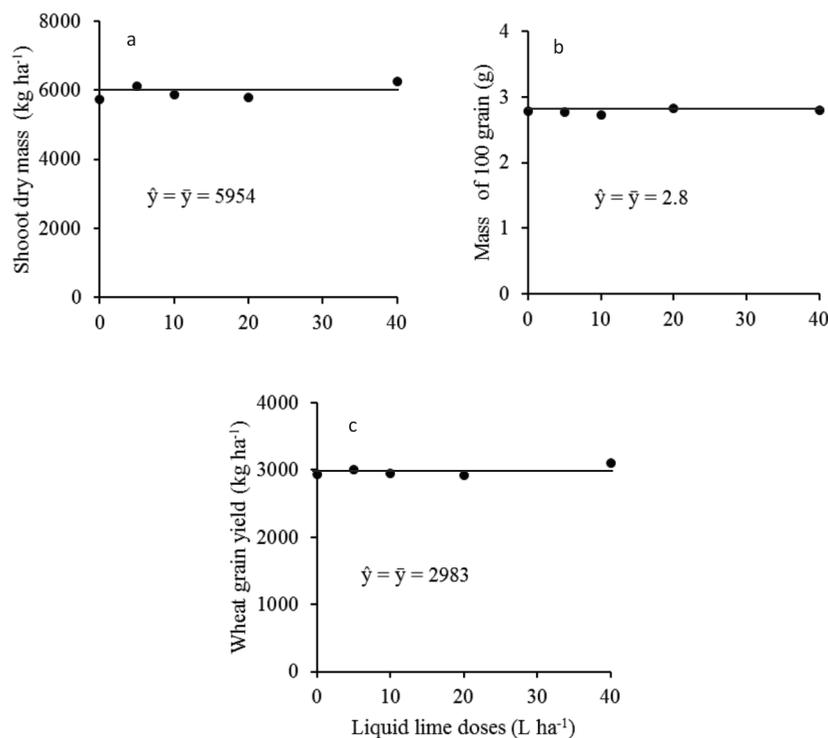


Figure 2 - Wheat shoot dry mass, mass of 100 grains and grain yield in liquid lime, harvest 2013.

produced in this experiment (Figure 2a), means 17.6 kg ha⁻¹ of Ca⁺² is necessary for complete wheat growth and development. This without considering the amount of Mg⁺² which is applied in three times smaller levels. In this context, calculation was accomplished with reference to the amounts of Ca⁺² in wheat grain and shoot dry matter described in the literature. It should be noted that these amounts may be slightly more or less depending on the cultivar and growing conditions. There is little variation in the levels of Ca⁺² in wheat in this study and the work of Espindula et al. (2010). However, the above calculations are useful because they emphasize that doses of Ca⁺² applied by liquid lime are lower than those necessary for wheat crops.

On the other hand, when 10 L ha⁻¹ of liquid lime was applied, equivalent to the dose of powdered lime of 2.0 t ha⁻¹ recommended for this soil (CQFS-RS/SC, 2004), 2.97 kg ha⁻¹ of Ca⁺² were added, a value less than that required by the wheat crop, without considering that subsequent crops will be conducted, indicating a lower dose of Ca⁺². For the Mg⁺², doses are still lower than the wheat's requirement, as verified by Gargantini & Blanco (1973). According to MAPA (2006), is considered an acidity corrective a product that promotes the soil acidity correction, besides provide Ca⁺², Mg⁺² or both, condition not attended by liquid lime, in doses recommended by manufacturer, according the results obtained in this

study and of Carmo et al. (2013). In this context, this product could not be considered an acidity corrective.

The production of wheat shoot dry matter, mass of 100 grains and grain yield does not increase with liquid lime application up to 40 L ha⁻¹ (Table 1, Figure 2a, b, c).

According to Caires et al. (2006), wheat culture responds to liming and, in acid soils, increased until 140% grain yield. Therefore, the lack of wheat response to liquid lime application is possibly related to the lack of improvement in soil chemical properties such as increased pH, Ca⁺², Mg⁺² and soil basis saturation. On the other hand, it appears that the soil already had satisfactory chemical properties for wheat development; however, liquid lime application did not improve soil fertility, which could have increased wheat yield.

The results obtained in this study suggest that there was no effect of liquid lime in doses up to 40 L ha⁻¹ in terms of amelioration of soil chemical properties and wheat grain yield. Therefore, because liquid lime application is easier, there are required more studies on acidic soils with higher product doses; however, it is important to highlight that high doses of the product result in higher liquid lime costs.

Table 1 - Analysis of variance for shoot dry mass, mass of 100 grains and wheat grain yield, cultivar quartz, after liquid lime doses.

Causes of variation	Degree of free	Mean square	F test
Shoot dry weight (kg ha ⁻¹)			
Treatment	4	193095.9	0.1549 ^{ns}
Residue	15	1246728.8	-
Total	19	-	-
CV (%)		18.7	
Mass of 100 grain (g)			
Treatment	4	0.0048	0.2019 ^{ns}
Residue	15	0.0235	-
Total	19	-	-
CV (%)		5.5	
Wheat grain yield (kg ha ⁻¹)			
Treatment	4	19965.9	0.1530 ^{ns}
Residue	15	130481.0	-
Total	19	-	-
CV (%)		12.1	

^{ns} Not significant. CV: coefficient of variation.

Conclusions

1. Surface application of liquid lime up to 40 L ha⁻¹ did not affect the soil chemical properties at 0-10 cm depth.
2. Surface liquid lime application up to 40 L ha⁻¹ does not increase wheat grain yield.

Acknowledgments

The third author thanks CNPq and the fourth Fapergs for their scholarship. The 2B representations by the financial support.

References

- ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. **Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos**. In: CURI, N. et al. *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3. p. 291-334.
- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 2005. 24 p. (Boletim técnico, 6).
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.
- CAIRES, E. F. et al. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 3, p. 791-798, 2005.
- CAIRES, E. F. et al. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 5, p. 502-509, 2006.
- CAIRES, E. F. et al. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2008.
- CARMO, L. D.; FIGUEIREDO, F. C.; BOTREL, P. P. Efeito do calcário líquido, cal virgem dolomítica e calcário comum na correção do solo. In: Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras, 39., 2013, Poços de Caldas. **Anais... Poços de Caldas: MAPA/Procafé**, 2013. p. 175-177.
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Yield and mineral nutrition of soybean, maize, and Congo signal grass as affected by limestone and slag. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 673-681, 2013.
- CIOTTA, M. N. et al. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 317-326, 2004.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (CQFS-RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS/UFRGS, 2004. 400p.
- DALLA NORA, D. D. et al. Gesso: alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 133, n. 1, p. 8-20, 2013.
- ESPINDULA, M. C. et al. Composição mineral de grãos de trigo submetidos a doses de sulfato de amônio e trinexapac-etil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 513-520, 2010.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 99, n. 2, p. 345-399, 2008.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Absorção de nutrientes pelo trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 285-307, 1973.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura** (Instrução normativa, 35, 4 jul. 2006). Available at: < >. Accessed: fev. 04, 2015.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Science**, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.
- RAMPIM, L. et al. Chemical attributes of a soil and response of wheat and soybean to gypsum in no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, 2011.
- RAZA, M. A. S. et al. Potassium applied under drought improves physiological and nutrient uptake performances of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 13, n. 1, p. 175-185, 2013.
- TEDESCO, J. M. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim técnico de solos, 5).



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E IRRIGAÇÃO

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação do RS
Rua Gonçalves Dias, 570 - Menino Deus
Porto Alegre/RS - CEP: 90130-060
Fone: 51 3288.8000
www.fepagro.rs.gov.br