

# Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de mandioca avaliados no Oeste de Santa Catarina

Alexsander Luís Moreto<sup>1</sup>, Mário Miranda<sup>2</sup> e Enilto de Oliveira Neubert<sup>3</sup>

**Resumo** – A mandioca é uma cultura capaz de adaptar-se a condições adversas de solo e clima, sendo por isso cultivada em todos os estados do Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento produtivo de clones de mandioca destinados à indústria no Oeste do estado de Santa Catarina. Os experimentos foram conduzidos durante três safras consecutivas (2010/11, 2011/12 e 2012/13) no delineamento blocos casualizados com três repetições. Os caracteres avaliados foram: produção de raízes (t/ha), teor de amido nas raízes (%) e produtividade de amido (t/ha). A magnitude da interação GxA para as três variáveis estudadas foi testada pela análise conjunta. Para as análises de adaptabilidade e estabilidade foram utilizadas as metodologias de Lin e Binns, de Yates e Cochran (ou Tradicional) e de Wricke. Dentre os genótipos avaliados destaca-se principalmente o clone 269 pelo seu bom desempenho quanto à estabilidade, adaptabilidade e produtividade.

**Termos para indexação:** *Manihot esculenta* Crantz; interação genótipos x ambientes; seleção.

## Adaptability and stability of cassava genotypes evaluated in the West of Santa Catarina State, Brazil

**Abstract** – Cassava is a culture able to adapt to adverse conditions of soil and climate, so it is cultivated in all states of Brazil. The objective of this study was to evaluate the productive behavior of cassava clones used in industry in the western region of Santa Catarina State. The experiments were conducted for three consecutive seasons (2010/11, 2011/12 and 2012/13) in a randomized block design with three replications. The characters evaluated were: root production (t/ha), starch content in the roots (%) and starch productivity (t/ha). The magnitude of GxE interaction for the three variables was tested by the joint analysis. For the analysis of adaptability and stability the methodologies of Lin & Binns, Yates & Cochran (or Traditional) and Wricke were used. Among the genotypes stands out mainly the clone 269 stood out for its good performance and stability, adaptability and productivity.

**Index terms:** *Manihot esculenta* Crantz; interaction genotypes x environments; selection.

## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura capaz de adaptar-se a condições adversas de solo e clima, sendo por isso cultivada em todos os estados do Brasil, fato que não a isenta de pesquisas no âmbito do melhoramento genético, visando contribuir cada vez mais com o aumento da produtividade, do teor de amido nas raízes, da tolerância a doenças e pragas, da arquitetura de planta, assim como com o desenvolvimento de genótipos mais adaptados a regiões específicas e mais estáveis na sua produção.

Variações nas condições em que uma determinada cultura é cultivada aumentam as chances de haver variações

na expressão fenotípica da maioria dos caracteres de interesse agrônomo da cultura. Esse fenômeno, conhecido como interação genótipos *versus* ambientes (GxA), é um complicador nos trabalhos de melhoramento. Em uma situação ideal os cultivares deveriam possuir adaptabilidade a vários ambientes e boa estabilidade, porém o fator interação, na maioria das vezes, faz com que os cultivares sejam indicados a ambientes específicos, por se adaptarem melhor a tais condições (CAMPBELL & JONES, 2005).

O comportamento diferencial dos genótipos atribuído à interação GxA exige estudos, por meio de análises de adaptabilidade e estabilidade, para garantir maior segurança às indicações de cultivares (CRUZ & CARNEIRO,

2003). A definição da metodologia a ser utilizada depende, dentre outros fatores, do número de ambientes. Segundo Oliveira et al. (2014), quando as avaliações são realizadas em menos de cinco ambientes, é recomendado o uso de métodos baseados na interação GxA, bem como métodos não-paramétricos.

O método Tradicional apresenta a vantagem de poder ser aplicado em situações em que se dispõe de um número restrito de ambientes (mínimo de três). Consiste na análise conjunta dos experimentos e no posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação GxA, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo (CRUZ et al., 2004). Contudo, representa a desvantagem de utilizar um conceito

Recebido em 2/6/2015. Aprovado para publicação em 11/5/2016.

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/ Estação Experimental de Urussanga, C.P. 49, 88840-000 Urussanga, SC, fone: (48) 3403-1400, e-mail: alexsandermoreto@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Aposentado, Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), C.P. 791, 89801-970 Chapecó, SC.

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Urussanga, C.P. 49, 88840-000 Urussanga, SC, fone: (48) 3403-1400, e-mail: enilto@epagri.sc.gov.br.

de estabilidade pouco interessante ao melhorista, pois, geralmente, os genótipos que apresentam menor variância são os menos produtivos (CRUZ & REGAZZI, 1994). A metodologia proposta por Wricke (1965), cujo parâmetro de estabilidade é denominado “ecoalência”, é estimado decompondo-se a soma de quadrados da interação GxA nas partes devidas a genótipos isolados. Segundo Rocha (2002), é um método indicado por sua praticidade, principalmente, nas seleções de indivíduos superiores, nas fases finais de um programa de melhoramento. Já a metodologia de Lin e Binns (1988) insere-se na classe de análise baseada em estatísticas não-paramétricas. Caracteriza os genótipos superiores por meio de um simples parâmetro  $P_i$ , associado à estabilidade e à produtividade, e define um genótipo superior como aquele que apresenta performance próxima do máximo nos vários ambientes testados (LIN & BINNS, 1988). Essa definição de superioridade é similar ao real objeto dos melhoristas e, assim, um genótipo superior deveria apresentar-se sempre entre os mais produtivos no maior número de ambientes (FARIAS et al., 1997).

Comparações entre metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade têm sido realizadas para diversas culturas como soja (BARROS et al., 2008), mamão (OLIVEIRA et al., 2014), milho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009), sorgo (OLIVEIRA et al., 2002), cana-de-açúcar (ROSSE et al., 2002), trigo (MOHAMMADI & AMRI, 2008) e mandioca (VIDIGAL FILHO et al., 2007).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento produtivo de clones de mandioca destinados à indústria durante três safras consecutivas no Oeste do estado de Santa Catarina, utilizando as metodologias de Lin e Binns (1988), de Yates e Cochran (1938) (ou Tradicional) e de Wricke (1965).

## Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos durante três safras consecutivas (2010/11, 2011/12 e 2012/13), no município de Chapecó, região Oeste do

estado de Santa Catarina, localizado a 27°05'48''S de latitude, 52°37'07''W de longitude e altitude de 659 metros. Segundo Köeppen, o clima é do tipo Subtropical Úmido com Verão Quente, cuja simbologia é **Cfa**. A temperatura média anual é de 19,4°C, variando de 14,6 °C em junho a 24,1°C em fevereiro. A precipitação total anual média é de 1624mm, bem distribuída ao longo do ano.

Os dados climatológicos registrados durante o período de condução do experimento, referentes à precipitação pluvial (mm), temperatura média máxima (°C) e temperatura média mínima (°C) do ar, são apresentados na Figura 1.

Foram avaliados oito genótipos de mandioca de indústria no delineamento blocos casualizados com três repetições. As parcelas eram compostas de 30 plantas dispostas em seis linhas de cinco plantas com área útil equivalente às doze plantas centrais. Os oito tratamentos (genótipos) foram compostos por sete clones: 70 (raiz branca); 110 (raiz marrom); 118 (raiz marrom clara); 269 (raiz branca); 422 (raiz marrom); 530 (raiz marrom) e 849 (raiz marrom), escolhidos em função do bom desempenho nas avaliações realizadas na Estação Experimental de Urussanga e no Campo Experimental de Jaguaruna, e uma testemunha correspondente ao cultivar Cetrec (raiz branca). Foram utilizados dados de produção de raízes (t/ha), teor de amido nas raízes (%) e produtividade de amido (t/ha), obtidos da relação multiplicativa entre a produção e o teor de amido nas

raízes.

Foram realizadas análises de variância individual para cada safra e, em seguida, de variância conjunta para testar a magnitude da interação GxA para as três variáveis estudadas.

Nas análises de adaptabilidade e estabilidade foram utilizadas as metodologias de Lin e Binns (1988), de Yates e Cochran (1938) (ou Tradicional) e de Wricke (1965).

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988) estima o parâmetro de estabilidade  $P_i$  pela expressão:

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{(Y_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

em que:  $P_i$  = índice de superioridade do  $i$ -ésimo genótipo;  $Y_{ij}$  = produtividade do  $i$ -ésimo genótipo plantado no  $j$ -ésimo local;  $M_j$  = resposta máxima obtida entre todos os genótipos no  $j$ -ésimo local; e  $n$  = número de locais.

A medida da estabilidade dos genótipos, pelo método Tradicional, consiste numa estimativa da variação de ambientes, dentro de cada genótipo. Seu estimador é:

$$QM_{(A/G_i)} = \frac{r}{(a-1)} \left[ \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{a} \right]$$

em que:  $ij$  é a média do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, g$ ), no ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, a$ ), e  $r$  é o número de repetições associado ao genótipo.

O método da ecoalência (Wricke, 1965) é um dos procedimentos mais empregados, sobretudo pela facilidade ▶

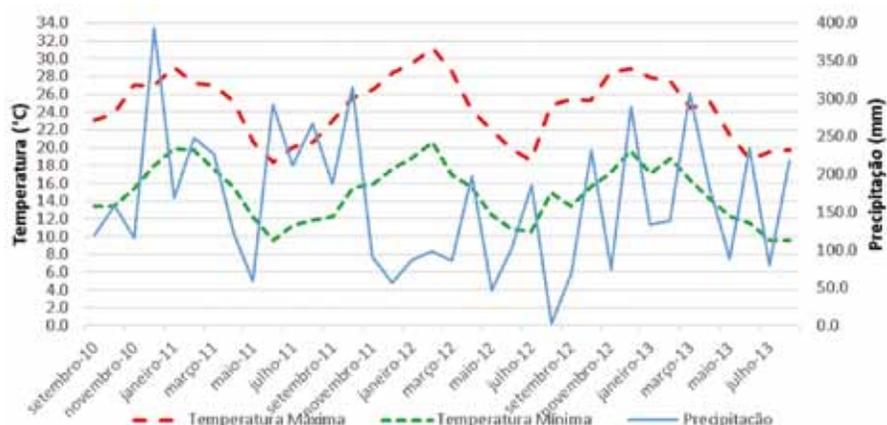


Figura 1. Valores médios mensais de precipitação e temperaturas máximas e mínimas observadas no período de setembro de 2010 a agosto de 2013, em Chapecó, SC

de interpretação. Esse método estima o que se denomina ecovalência ( $\omega_i$ ), obtida por meio da partição da soma de quadrados da interação GxE, e é fornecida por:

$$\omega_i = \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y})^2 = \sum_{j=1}^n \hat{G}A_{ij}^2$$

em que:  $\omega_i$  é a ecovalência;  $Y_{ij}$  é a média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\bar{Y}_i$  é a média do genótipo  $i$ ;  $\bar{Y}_j$  é a média do ambiente  $j$ ;  $\bar{Y}$  é a média geral e  $\sum_{j=1}^n \hat{G}A_{ij}^2$  é a soma de quadrado da interação GxA.

O somatório dos  $\omega_i$  corresponde ao valor da soma de quadrados da interação GxA. Dessa forma, é possível calcular a porcentagem da interação GxA devida a cada genótipo ( $\omega_i\%$ ), dada pela equação a seguir:

$$\omega_i\% = \left( \frac{\omega_i}{\sum_i \omega_i} \right) 100$$

Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa genético-estatístico Genes (CRUZ, 2006).

## Resultados e discussão

As fontes de variação tratamentos (clones), ambientes (anos) e a interação tratamentos x ambientes apresentaram efeitos significativos ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ) para todos os caracteres estudados (Tabela 1). A significância do efeito da interação indica que o comportamento dos clones foi influenciado distintamente pelas condições ambientais a que foram submetidos, nesse caso, pelas diferenças ocorridas entre uma safra e outra. A média geral foi de 30,57% para a variável porcentagem amido, 22,58t/ha de raízes e uma produtividade de 6,9t/ha de amido. O coeficiente de variação ambiental (CV) foi de 4,1% para teor de amido, 16,5% para produção de raízes e 17,3% para produção de amido (Tabela 1). Os valores estão de acordo com o que é normalmente estimado para essas variáveis (VIDIGAL FILHO et al., 2007; CARDOSO et al., 2004).

Tabela 1. Análise de variância conjunta do teor de amido (%), produtividade de raiz (t/ha) e produtividade de amido (t/ha) de oito genótipos de mandioca testados durante três safras consecutivas (2010/11, 2011/12 e 2012/13), na região Oeste do estado de Santa Catarina

F.V.	G.L.	Q.M.		
		Amido (%)	Prod. raiz (t/ha)	Prod. amido (t/ha)
Blocos/Amb.	6	0,0913	33,2549	3,05611
Tratamentos (Trat)	7	8,8737(**)	76,9886**	7,8098**
Ambientes (Amb)	2	44,4822**	191,7617*	25,4517*
Trat x Amb	14	4,9064(*)	51,1169**	3,8045**
Resíduo	42	1,5478	13,9765	1,4223
Média		30,57	22,58	6,90
CV(%)		4,1	16,5	17,3

(\*) Teste de F a 5% de probabilidade.

(\*\*) Teste de F a 1% de probabilidade.

CV= coeficiente de variação.

A existência da interação tratamentos x ambientes dificulta a recomendação de cultivares pois provoca inconsistências na indicação dos melhores genótipos nos diferentes ambientes estudados (OLIVEIRA et al., 2014). Assim, para melhor entendimento dessa interação entre os clones estudados e as variações ambientais aos quais foram submetidos, são necessários estudos mais detalhados de adaptabilidade e estabilidade.

As estimativas de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos oito clones para os caracteres teor de amido, produção de raízes e produtividade de amido, relativos a cada método empregado, são apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4 respectivamente.

Utilizando a metodologia de Lin e Binns (1988), constatou-se que para o caractere teor de amido nas raízes os valores de Pi variaram de 0,202 (testemunha) a 6,982 (clone 70) (Tabela 2). Os genótipos com maior estabilidade foram a testemunha, o clone 269 e o 530, que tiveram os menores valores de Pi, indicando que eles apresentaram, em média, desempenho próximo ao máximo obtido para este caractere. O clone 422 está entre os menos adaptados (4,42) e também foi o que mais contribuiu para interação (45,51%). Diante disso, pode-se inferir que o seu teor de amido variou nas safras estudadas, provavelmente devido à variação ocorrida nos volumes de precipitação próxima à colheita (Figura

1), e que esteve relativamente distante do desempenho máximo.

A mesma metodologia detectou situações semelhantes para produtividade de raízes (Tabela 3) e para produtividade de amido (Tabela 4), em que os clones 422 e 269 apresentaram os menores valores Pi (12,933 e 16,335, respectivamente, para produtividade de raízes e 1,588 e 0,735, respectivamente, para o caractere produtividade de amido), sendo considerados os mais estáveis dentre os estudados para esses caracteres. Os clones 118 e 110 apresentaram os maiores valores de Pi e também estão entre os que mais contribuíram para interação.

Para o caractere produtividade de amido, que capitaliza em sua estimativa a produtividade de raízes e o teor de amido das mesmas, entre os oito genótipos estudados, os seis mais produtivos apresentaram os menores valores de Pi. Isso indica que a maior parte dos genótipos com melhor desempenho para esse caractere também o foram para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988). Para o caractere produtividade de raízes essa coincidência foi de 50%, enquanto que para teor de amido, foi de 100%. Esses valores altos podem ser explicados pelo fato de o método considerar como genótipos mais estáveis e adaptados aqueles cujas produtividades em cada ambiente estejam mais próximas da produtividade máxima (CRUZ &

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caractere teor de amido nas raízes (t/ha), obtidas pelos métodos de Lin e Binns (1988), de Yates e Cochran (1938) (ou Tradicional) e método da ecovalência (Wricke, 1965) de genótipos de mandioca avaliados durante as safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13, no Oeste do estado de Santa Catarina

Genótipos	Média	Lin e Binns				Tradicional	Wricke	
		Pi geral	Desvio genético	Desvio GxA	Contribuição p/ interação (%)	Q.M. amido (%)	Ecovalência (Wi)	Wi (%)
Clone 70	28,80 (8)	6,982	6,601	0,381	12,03	1,1700 <sup>ns</sup>	3,2184	6,63
Clone 110	30,23 (5)	2,583	2,420	0,163	5,16	17,0801 <sup>**</sup>	6,8910	14,19
Clone 118	30,83 (4)	1,723	1,280	0,443	14,00	13,0301 <sup>**</sup>	6,0585	12,48
Clone 269	31,40 (2)	0,592	0,534	0,058	1,83	12,9900 <sup>**</sup>	4,1409	8,53
Clone 422	30,07 (7)	4,242	2,801	1,441	45,51	0,4901 <sup>ns</sup>	18,5532	38,21
Clone 530	31,00 (3)	1,165	1,027	0,138	4,35	3,5100 <sup>*</sup>	0,4509	0,93
Clone 849	30,20 (6)	2,902	2,494	0,408	12,88	3,9900 <sup>*</sup>	2,9034	5,98
Cetrec	32,07 (1)	0,202	0,067	0,134	4,24	16,1201 <sup>**</sup>	6,3360	13,05

\*\* , \* : valores significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

<sup>ns</sup>: valores não significativos pelo teste de F.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, para o caractere produtividade de raízes (t/ha), obtidas pelos métodos de Lin e Binns (1988), de Yates e Cochran (1938) (ou Tradicional) e pelo método da ecovalência (Wricke, 1965) de genótipos de mandioca avaliados durante as safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13, no Oeste do estado de Santa Catarina

Genótipos	Média	Lin e Binns				Tradicional	Wricke	
		Pi geral	Desvio genético	desvio GxA	Contribuição p/ interação (%)	Q.M. Prod. raiz (t/ha)	Ecovalência (Wi)	Wi (%)
Clone 70	22,93 (3)	39,337	24,969	14,368	12,16	62,7701 <sup>*</sup>	18,7635	2,61
Clone 110	20,50 (7)	73,548	45,125	28,423	24,05	86,0700 <sup>**</sup>	88,0929	12,27
Clone 118	17,37 (8)	98,995	79,801	19,194	16,24	82,0901 <sup>**</sup>	39,5787	5,51
Clone 269	26,70 (1)	16,335	5,445	10,890	9,22	14,0700 <sup>ns</sup>	5,0685	0,71
Clone 422	25,87 (2)	12,933	8,542	4,391	3,72	209,5601 <sup>**</sup>	491,0712	68,37
Clone 530	22,43 (5)	40,342	28,627	11,714	9,91	11,8301 <sup>ns</sup>	10,4760	1,46
Clone 849	22,77 (4)	37,402	26,161	11,241	9,51	62,8301 <sup>*</sup>	19,7787	2,75
Cetrec	22,07 (6)	49,410	31,469	17,941	15,18	21,4901 <sup>ns</sup>	45,3837	6,32

\*\* , \* : valores significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

<sup>ns</sup>: valores não significativos pelo teste de F.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, para o caractere produtividade de amido (t/ha), obtidas pelos métodos de Lin e Binns (1988), de Yates e Cochran (1938) (ou Tradicional) e pelo método da ecovalência (Wricke, 1965) de genótipos de mandioca avaliados durante as safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13, no Oeste do estado de Santa Catarina

Genótipos	Média	Lin e Binns				Tradicional	Wricke	
		Pi geral	Desvio genético	Desvio GxA	Contribuição p/ interação (%)	Q.M. Prod. amido (t/ha)	Ecovalência (Wi)	Wi (%)
Clone 70	6,60 (6)	4,010	3,209	0,801	11,62	5,4300 <sup>*</sup>	1,0659	2,01
Clone 110	6,20 (7)	6,093	4,302	1,791	25,98	8,4900 <sup>**</sup>	7,4934	14,11
Clone 118	5,33 (8)	8,190	7,220	0,970	14,07	7,3901 <sup>**</sup>	2,4957	4,70
Clone 269	8,43 (1)	0,735	0,245	0,490	7,11	3,3101 <sup>ns</sup>	0,0060	0,01
Clone 422	7,77 (2)	1,588	0,934	0,654	9,49	17,0801 <sup>**</sup>	37,6485	70,91
Clone 530	6,93 (4)	3,113	2,420	0,693	10,05	1,3901 <sup>ns</sup>	0,9882	1,86
Clone 849	6,87 (5)	2,990	2,569	0,421	6,11	5,9201 <sup>*</sup>	1,0035	1,89
Cetrec	7,07 (3)	3,210	2,136	1,074	15,58	2,4701 <sup>ns</sup>	2,3910	4,50

\*\* , \* : valores significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

<sup>ns</sup>: valores não significativos pelo teste de F.

CARNEIRO, 2003).

A interpretação segundo o método Tradicional destaca os clones 422, 70, 530 e 849 entre os mais estáveis para o caractere teor de amido nas raízes, com menores valores do quadrado médio de ambientes, sendo que desses apenas o clone 530 foi ranqueado entre os mais produtivos (Tabela 2). Para os caracteres produtividade de raiz e produtividade de amido por hectare, dentre os quatro genótipos identificados como mais estáveis pelo método Tradicional (clones 530, 269, 70 e testemunha), apenas o clone 269 foi classificado como mais produtivo em termos de produtividades de raiz e amido (Tabela 2).

De acordo com Cruz et al. (2004), o conceito de estabilidade de um genótipo, expresso pela mínima variância entre ambientes, tem sido pouco utilizado, pois genótipos de menor quadrado médio nos ambientes tendem a apresentar menores médias para a característica em questão. Em trabalhos com feijão de corda, Vilela et al. (2011) encontraram resultados semelhantes e discutiram a necessidade de se analisar cuidadosamente os resultados obtidos pelo método Tradicional. Oliveira et al. (2014), à semelhança do presente trabalho, identificaram poucos genótipos entre os ranqueados como mais produtivos dentre os considerados mais estáveis pelo método Tradicional.

A metodologia de Wricke (1965), também denominada ecovalência, estima a contribuição de cada genótipo para a interação. Por essa metodologia, verifica-se, para teor de amido nas raízes, que os clones 70, 269, 530 e 849 contribuíram com 22,07% da interação; e os demais, clones 422, 110, 118 e testemunha, contribuem com 77,93%. Nesse caso, cada grupo representa, respectivamente, alta e baixa estabilidade. Para produtividade de raízes e produtividade de amido por hectare o clone 422 contribui com 68,37% e 70,91% da interação para os caracteres respectivamente; os clones 110, 118 e testemunha juntos contribuem, respectivamente, com 24,1% e 23,31%; enquanto que os clones 269, 530, 849 e 70 contribuem com 7,53% e 5,77% para interação de ambos os caracteres, respectivamente. Assim,

os mesmos podem ser subdivididos em instáveis, intermediários e mais estáveis.

Do grupo dos mais estáveis (alta estabilidade), o clone 269 é identificado como o de maior produção de raízes e maior produtividade de amido por hectare na média das três safras de avaliação. Observa-se também que, entre os genótipos de maior estabilidade identificados pelo método, nem todos estão entre os melhores na média para os caracteres estudados, corroborando com os trabalhos com mamoeiro de Oliveira et al. (2014) e com os resultados de Cargnelutti Filho et al. (2007) com a cultura do milho.

Comparações entre metodologias de adaptabilidade e estabilidade são comuns e sensatas, pois aumentam a segurança na tomada de decisões por parte dos pesquisadores ao indicar um determinado genótipo para um determinado ambiente específico.

A correlação de Pearson que quantifica o grau de associação entre as posições relativas de indicação dos cultivares pelos três métodos é apresentada na Tabela 5. Nota-se uma associação entre a média e o parâmetro Pi para teor de amido, produção de raízes e produtividade

de amido estudados, representado por alta estimativa de correlação no sentido negativo ( $r = -0,9626$ ,  $r = -0,9756$  e  $r = -0,9681$ ) para os caracteres respectivamente. Isso indica que quanto maior o teor de amido, produção de raízes e produtividade de amido, menor é o valor de Pi nas condições de ambiente. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de a metodologia de Lin e Binns (1988) considerar o desvio sempre em relação ao máximo. Assim, os menores desvios indicam os genótipos que menos divergem do máximo, sendo, portanto, mais estáveis. Contudo, desde que o valor de Pi é média de todos os ambientes, ele representa uma superioridade no sentido de uma adaptabilidade geral. Para produtividade de raízes, observou-se uma correlação negativa e significativa ( $-0,7055$ ) entre a média dos genótipos e os desvios da interação, demonstrando que os genótipos que menos contribuem para os desvios da interação são os mais produtivos na média (Tabela 5).

Foram observadas correlações positivas entre Pi e desvios da interação (GxA) para produtividade de raízes ( $r=0,7878$ ), produção de amido ( $r=0,6205$ ) e teor de amido ( $r=0,4737$ )

Tabela 5. Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre a média geral dos genótipos e os parâmetros: valores de Pi e desvios relacionados à interação (GxA) de Lin e Binns (1988); QM do método Tradicional (Yates e Cochran, 1938) e ecovalência (Wi) de Wricke (1965), para os caracteres teor de amido (%), produtividade de raiz (t/ha) e produtividade de amido (t/ha)

Variáveis	Correlações		
	Teor de amido (%)	Prod. raiz (t/ha)	Prod. amido (t/ha)
Média x Pi	-0,9626**	-0,9756**	-0,9681**
Média x GxA	-0,3863 <sup>ns</sup>	-0,7055*	-0,5265 <sup>ns</sup>
Média x QM	0,6252 <sup>ns</sup>	0,1234 <sup>ns</sup>	0,0318 <sup>ns</sup>
Média x Wi	-0,1036 <sup>ns</sup>	0,3670 <sup>ns</sup>	0,2828 <sup>ns</sup>
Pi x GxA	0,4737 <sup>ns</sup>	0,7878**	0,6205 <sup>ns</sup>
Pi x QM	-0,6579 <sup>ns</sup>	-0,1246 <sup>ns</sup>	0,0114 <sup>ns</sup>
Pi x Wi	0,2152 <sup>ns</sup>	-0,3684 <sup>ns</sup>	-0,2556 <sup>ns</sup>
GxA x QM	-0,5692 <sup>ns</sup>	-0,2810 <sup>ns</sup>	0,0838 <sup>ns</sup>
GxA x Wi	0,8688**	-0,4487 <sup>ns</sup>	-0,0195 <sup>ns</sup>
QM x Wi	-0,1371 <sup>ns</sup>	0,9197**	0,9140**

\*\*, \* : significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste t.

<sup>ns</sup>: não significativo.

(Tabela 5). Nesse caso, à medida que se aumentam os valores de Pi, para os três caracteres, ocorre uma maior tendência de sua contribuição para os desvios da interação. Em mamoeiro, Oliveira et al. (2014) obtiveram resultados semelhantes para a característica produtividade de frutos. A mesma tendência é observada quando se correlaciona Wi com GxA para o caractere teor de amido, ou seja, quanto mais instável pelo método da ecovalência, maior sua contribuição para os desvios da interação (Tabela 5).

Quando analisada a relação entre o método Tradicional e o método de Wricke (1965), observa-se correlação significativa e positiva para os caracteres produtividade de raízes ( $r=0,9197$ ) e produtividade de amido ( $r=0,9140$ ) (Tabela 5). Tais resultados corroboram os obtidos em culturas como o trigo (FRANCESCHI et al., 2010), soja (ROCHA et al., 2006) e mamoeiro (OLIVEIRA et al., 2014).

## Conclusões

- Os clones 269 e 530 são considerados estáveis pelas três metodologias de avaliação para os caracteres produtividade de raízes e produtividade de amido por hectare;

- O clone 269 destaca-se pelo seu bom comportamento mediante as concordâncias entre as metodologias de estabilidade e adaptabilidade utilizadas e pelo seu desempenho produtivo no *ranking* dos genótipos pela média.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à Fapesc pelo apoio financeiro à pesquisa, bem como aos funcionários de campo da Estação Experimental de Urussanga (EEUR) e do Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf) pelo apoio no plantio, condução e colheita dos ensaios.

## Referências

BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C. et al. Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos

de soja. **Scientia Agraria**, v.9, n.3, p.299-309, 2008.

CAMPBELL, B.T.; JONES, M.A. Assessment of genotype x environment interactions for yield and fiber quality in cotton performance trials. **Euphytica**, v.144, p.69-78, 2005.

CARDOSO, E.T.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G. et al. Brotação e produção de raízes de mandioca em função do comprimento da maniva, em dois ambientes. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.3, n.1, p.20-24, jan./jun. 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A.C.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E.B. et al. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, Campinas, v.66, p.571-578, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.C.; STORCK, L.; RIBOLDI, J. et al. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.2, p.340-347, 2009.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.R.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, J.A.N.; COSTA, J.N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.407-414, 1997.

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; MARCHIORO, V.S. et al. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v.69, p.797-805, 2010.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**,

v.68, p.193-198, 1988.

MOHAMMADI, R.; AMRI, A. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. **Euphytica**, v.159, p.419-432, 2008.

OLIVEIRA, E.J.; FRAIFE FILHO, G. de A.; FREITAS, J.P.X. de et al. Desempenho produtivo e interação genótipo x ambiente em híbridos e linhagens de mamoeiro. **Biosci. Journal**, Uberlândia, v.30, n.2, p.402-410, mar./abr. 2014.

OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C.D. et al. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.02, p.883-889, 2002.

ROCHA, M.M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 173f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROCHA, M.M.; VELLO, N.A.; LOPES, A.C.A. et al. Correlações entre parâmetros de adaptabilidade e estabilidade da produtividade de óleo em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.772-777, 2006.

ROSSE, L.N.; VENCOSKY, R.; FERREIRA, D.F. Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.1, p.25-32, 2002.

VIDIGAL FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; KVITSCHAL, M.V. et al. Estabilidade produtiva de cultivares de mandioca-de-mesa coletados no estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.4, p.551-562, out./dez. 2007.

VILELA, F.O.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A. et al. Stability of F7:8 snap bean progenies in the Northern and Northwestern regions of Rio de Janeiro State. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, p.84-90, 2011.

WRICKE, G. Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. **Pflanzenzüchtung**, v.52, p.127-138, 1965.

YATES, F.; COCHRAN, W.G. The analysis of group experiments. **Journal of Agricultural Science**, Bangkok, v.28, p.556-580, 1938. ■