

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ÍNDICES DE SELEÇÃO E ESTABILIDADE E  
ADAPTABILIDADE EM LINHAGENS DE ALFACE-CRESPA  
VIA REML/BLUP**

**Willame dos Santos Candido**

**Engenheiro Agrônomo**

**2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ÍNDICES DE SELEÇÃO E ESTABILIDADE E  
ADAPTABILIDADE EM LINHAGENS DE ALFACE-CRESPA  
VIA REML/BLUP**

**Willame dos Santos Candido**

**Orientadora: Profa. Dra. Leila Trevisan Braz**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

**2016**

Candido, Willame dos Santos  
C217i Índices de seleção e estabilidade e adaptabilidade em linhagens  
de alface-crespa via REML/BLUP / Willame dos Santos Candido. --  
Jaboticabal, 2016  
v, 92 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016  
Orientadora: Leila Trevisan Braz  
Banca examinadora: José Branco de Miranda Filho, Renata  
Castoldi, Rinaldo Cesar de Paula, Priscila Lupino Gratão  
Bibliografia

1. Alface-crespa – estabilidade-adaptabilidade 2. *Lactuca sativa*  
3. Alface-crespa – valores genéticos I. Título. II. Jaboticabal-  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.52:635.52

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ÍNDICES DE SELEÇÃO E ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM  
LINHAGENS DE ALFACE-CRESPA VIA REML/BLUP

AUTOR: WILLAME DOS SANTOS CÂNDIDO

ORIENTADORA: LEILA TREVISAN BRAZ

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA  
(GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LEILA TREVISAN BRAZ  
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO  
DEPARTAMENTO DE GENÉTICA / ESALQ / USP - PIRACICABA, SP

Profa. Dra. RENATA CASTOLDI  
Universidade Federal de Uberlândia / UFU - Câmpus Monte Carmelo, MG

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA  
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Profa. Dra. PRISCILA LUPINO GRATÃO  
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 05 de agosto de 2016.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**WILLAME DOS SANTOS CANDIDO** - nascido na cidade de Aracati - Ceará, em 21 de maio de 1989. Filho de José Wellington Cândido e Maria Sebastiana dos Santos, graduou-se em Agronomia, em 27 de julho de 2011, pela Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo. Durante a graduação foi por duas vezes bolsista de Iniciação Científica, no período de 2009 a 2011 na área de Recursos Genéticos de Plantas Medicinais e Melhoramento Genético de Cucurbitáceas. Em agosto de 2011 ingressou no curso de mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal. Desenvolveu durante 24 meses o projeto da dissertação, intitulado “Controle genético da resistência a *Meloidogyne incognita* em *Cucumis melo* L.”, como bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob a orientação da Profa. Dra. Leila Trevisan Braz. Em agosto de 2013 ingressou no curso de doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, atuou na área de genética quantitativa e melhoramento clássico de hortaliças, onde desenvolveu sob a orientação da Profa. Dra. Leila Trevisan Braz, o projeto de tese, intitulado “Índices de seleção e estabilidade e adaptabilidade em linhagens de alface-crespa via REML/BLUP”, como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e cuja tese é apresentada a seguir.

*Mas a sabedoria que vem do alto é antes de tudo pura, depois pacífica, amável, compreensiva, cheia de misericórdia, de bons frutos, imparcial e sincera. (Tiago 3:17)*

Aos meus pais, José Wellington e Maria Sebastiana, que são a razão de meu existir, os meus exemplos de vida e de humildade, que sempre me apoiaram com sábias palavras de incentivo nos vários momentos da minha caminhada até a concretização desse sonho!

## **DEDICO**

Aos meus queridos irmãos, Willimar Cândido (*in memoriam*) e Lorena Cândido por terem sido um presente de Deus em nossa família.

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pelo dom da vida, pela proteção e direcionamento dos meus caminhos, sempre me conduzindo por estradas de luz, me dando a sabedoria e discernimento para saber passar e superar diversos momentos difíceis da minha vida, mas que só serviram para me fortalecer na fé no Deus de amor e misericórdia que a mim concedeu toda providência divina.

Aos meus pais, Maria Sebastiana e José Wellington, que sempre me apoiam em minhas decisões, que sempre lutaram na vida de forma árdua para sempre me ajudar no começo de minha caminhada, dando sempre palavras de incentivo para que eu nunca desistisse dos meus sonhos. A vocês sempre dedicarei toda a razão do meu viver.

Aos meus avós paternos, Maria da Conceição e José Sales, por todas as orações e pedidos de proteção divina a mim rogada a Deus, e por todo o carinho que a mim são oferecidos, serei eternamente grato. E a todos de minha família que me ajudaram de forma direta ou indireta.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pela oportunidade de realização do curso de mestrado e doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa, que me permitiu realizar o curso de doutorado.

À Profa. Dra. Leila Trevisan Braz, minha orientadora, por ter me acolhido em seu grupo de pesquisa de uma forma tão carinhosa no início do mestrado e durante todos os cinco anos convividos de muitos ensinamentos e aprendizado profissional e de vida. Também agradeço por ser um exemplo de ser humano para todos que tem o prazer de conviver ao seu lado, pela sua humildade, profissionalismo e integridade. Será sempre uma grande referência para mim.

Ao Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula, pela amizade e por toda a disponibilidade e boa vontade em ajudar na resolução de dúvidas nas análises estatísticas. Um exemplo de mestre!

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira (Thikão), pela amizade e ajuda em minha caminhada de graduação até chegar na pós-graduação. Foi a pessoa que inicialmente apostou na minha capacidade e deu toda a força inicial para minha vinda a São Paulo fazer seleção para o mestrado. Disso nunca esquecerei. Obrigado!

Aos Professores do Programa de Genética e Melhoramento de Plantas: Leila Trevisan Braz, Rinaldo Cesar, Sandra Uneda-Trevisoli, Gustavo Moro, Antonio de Goes, Dilermando Perecin, Luciana Rossini, João Ademir e Adhemar Sanches, pelos conhecimentos compartilhados nas disciplinas lecionadas que muito contribuíram para minha formação.

À Profa. Dra. Renata Castoldi, pela amizade, pelo companheirismo durante toda a minha caminhada durante o mestrado e por sempre ter se disponibilizado em me ajudar.

Aos membros da banca examinadora: Leila Trevisan Braz (orientadora), Rinaldo Cesar de Paula, Priscila Lupino Gratão, José Branco de Miranda Filho e Renata Castoldi pela disponibilidade em participar da banca e sugestões para melhoria do trabalho.

Aos amigos do grupo NEOM – Núcleo de Estudos em Olericultura e Melhoramento – Dora Tobar, Renato Soares, Marcus Vinícius, Guilherme Diniz, Carol Franco, Edgard Henrique, Lucas Santos, Rafaele Fazzi, Hudson Rabelo, Heloísa e Roberta. Agradeço a oportunidade de conviver com cada um de vocês, pela agradável companhia e ajuda a mim oferecida.

Aos funcionários do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, Inauro, Reinaldo e Cláudio. Sou imensamente grato pela ajuda durante a realização dos experimentos.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse grande sonho!

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>2</b>
2.1 A alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	2
2.2 Índices de Seleção.....	4
2.3 Índices não paramétricos.....	6
2.3.1 Índice de Elston (1963).....	6
2.3.2 Índice de Schwarzbach (1972).....	7
2.3.3 Índice de Mulamba e Mock (1978).....	8
2.4 Índices de seleção no melhoramento de plantas.....	9
2.5 Interação genótipo x ambiente (IGA).....	11
2.6 Adaptação da alface em ambientes de cultivo.....	16
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO 2 - SELEÇÃO DE LINHAGENS DE ALFACE-CRESPA BASEADA EM ÍNDICES NÃO PARAMÉTRICOS</b> .....	<b>29</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>29</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>30</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM LINHAGENS DE ALFACE-CRESPA VIA REML/BLUP</b> .....	<b>48</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>48</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>49</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>52</b>
2.1 Localização e condições experimentais.....	52
2.2 Modelo estatístico e análises.....	57
2.3 Estimativas da significância dos efeitos dos modelos.....	58
2.4 Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos.....	58

2.5 Estimativas dos valores de MHVG, PRVG e MHPRVG.....	59
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>60</b>
3.1 Inverno (MODELO 51).....	60
3.2 Verão (MODELO 51).....	67
3.3 Análise conjunta das duas épocas (MODELO 114).....	73
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICES DE SELEÇÃO E ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM LINHAGENS DE ALFACE-CRESPA VIA REML/BLUP

**RESUMO** – Em programas de melhoramento genético, é usual a mensuração de vários caracteres com o objetivo de se praticar a seleção simultânea para alguns deles. Neste aspecto, a linhagem selecionada deve reunir uma série de atributos favoráveis capazes de se diferenciar de cultivares elites já estabelecidas no mercado em potencial produtivo e, ao mesmo tempo, satisfazer as exigências do consumidor. As linhagens desenvolvidas, quando plantadas em diferentes ambientes de cultivo, sofrem influência de fatores ambientais, em maior intensidade, sobre características quantitativas. Isto sugere que, nos programas de melhoramento genético de plantas, sejam realizados testes de cultivares em múltiplos locais, épocas e anos, a fim de se avaliar o comportamento dessas linhagens/cultivares frente às diferenças entre e dentro de ambientes, que caracteriza o estudo acerca da interação de genótipos com ambientes. Diante desse contexto, objetivou-se com o presente trabalho: a) verificar a eficiência de índices de seleção não paramétricos em selecionar linhagens de alface-crespa promissoras para o registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, com base em diferentes caracteres, e estimar os ganhos genéticos com base nos índices de seleção; b) estimar a estabilidade e adaptabilidade genotípica de linhagens/cultivares de alface-crespa resistentes a *Bremia lactucae* em diferentes sistemas de cultivo e épocas em Jaboticabal-SP. O trabalho se dividiu em duas etapas, sendo a primeira o estudo de índices não paramétricos na seleção de linhagens e ganhos genéticos em seis locais de cultivo do estado de São Paulo e a segunda, a de estimar por meio dos modelos mistos a estabilidade e adaptabilidade das linhagens. O primeiro experimento foi instalado em delineamento em blocos ao acaso em áreas de produtores de alface do Estado de São Paulo dos municípios de Monte Alto, São Simão, Salesópolis, Biritiba Mirim, Mogi das Cruzes e Aramina, durante o outono-inverno de 2014. Avaliaram-se oito linhagens de alface-crespa e as cultivares comerciais Vanda e Vera. Utilizou-se os índices de Mulamba e Mock, Elston e Schwarzbach na seleção de linhagens superiores para o conjunto de caracteres (produção total, produção comercial, número de folhas, volume e comprimento do caule). Os índices foram correlacionados na classificação dos genótipos, tendo o índice de Mulamba e Mock se destacado, por ter possibilitado bons ganhos diretos para os caracteres; as linhagens superiores de alface-crespa L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub> foram promissoras para serem recomendadas para registro. O segundo experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais da UNESP/FCAV. Avaliaram-se dez genótipos de alface, sete sistemas de cultivo e duas épocas, no ano de 2015. Avaliaram-se caracteres de produção das plantas, sendo os dados submetidos ao programa Selegen-REML/BLUP para verificar a significância dos efeitos de genótipos e suas interações com ambientes e épocas por meio da análise de deviance. Para a avaliação da estabilidade e adaptabilidade genotípica, empregaram-se os métodos Média Harmônica dos Valores Genotípicos - MHVG, Performance Relativa dos Valores Genotípicos - PRVG e Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos - MHPRVG. Para o inverno, as linhagens selecionadas foram L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub>, e L<sub>8</sub>. Para o verão, as selecionadas foram L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub>, e L<sub>8</sub>. Considerando a análise conjunta das duas

épocas, foram selecionadas as linhagens L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>, indicando serem promissoras para recomendação de plantio.

**Palavras-chave:** Ambiente de cultivo, índices não-lineares, *Lactuca sativa*, linhagens endogâmicas, modelos mistos

## SELECTION INDICES, STABILITY AND ADAPTABILITY IN VARIETIES OF CRISPY ENDIVE LETTUCE USING REML/BLUP

**ABSTRACT** – Genetic breeding programs typically measure several traits in order to simultaneously select for some of them. In this respect, the breeding line selected should combine a series of favorable attributes that set it apart from elite cultivars already established in the market in terms of yield potential, while also meeting consumer demands. When planted in different environments, the quantitative traits of the lines developed were more intensely affected by environmental factors. This suggests that plant breeding programs would benefit from testing cultivars in different locations, seasons and years to evaluate their behavior in relation to differences between and within environments, characterizing a study of the interaction between genotypes and environments. As such, the present study aimed to: a) assess the effectiveness of non-parametric selection indices in selecting promising breeding lines of crispy endive lettuce for registration with the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, based on different characteristics, and estimate the genetic gains achieved with these indices; b) estimate the stability and adaptability of crispy endive lettuce lines/cultivars resistant to *Bremia lactucae* in different cultivation systems and seasons in Jaboticabal, São Paulo state (SP). The study was divided into two stages; the first involved analyzing nonparametric selection indices and genetic gains in six locations in São Paulo state, and the second consisted of estimating the stability and adaptability of the breeding lines studied using mixed models. The first experiment used a randomized block design and was carried out in areas belonging to lettuce growers in the municipalities of Monte Alto, São Simão, Salesópolis, Biritiba Mirim, Mogi das Cruzes and Aramina (SP), during the 2014 fall-winter season. Eight breeding lines of crispy endive lettuce were assessed, in addition to the Vanda and Vera commercial cultivars. The selection indices of Mulamba and Mock and Elston and Schwarzbach were used to select superior lines for the set of traits (total yield, commercial yield, number of leaves, volume and stalk length). The indices were correlated in genotype classification, with the Mulamba and Mock index providing better direct gains for the traits in question; the superior crispy endive lettuce lines L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>7</sub> and L<sub>8</sub> were promising in terms of recommendation for registration. The second experiment used a randomized block design and was conducted in the Department of Vegetable Crops and Aromatic Medicinal Plants at UNESP/FCAV. Ten lettuce genotypes, seven cultivation systems and two seasons were studied, in 2015. Yield traits of the plant were evaluated, with data entered into the Selegen-REML/BLUP program to determine the significance of genotype effects and their interaction with environments and seasons by analysis of deviance. The following methods were used to assess genotype stability and adaptability: Harmonic Mean of Genotypic Values (HMGV), Relative Performance of Genotypic Values (RPGV) and Harmonic Mean of the Relative Performance of Genotypic Values (HMRPGV). The breeding lines selected for winter were L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub>, and L<sub>8</sub>, and L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub>, and L<sub>8</sub> for summer. Considering the combined analysis of the two seasons, lines L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> and L<sub>8</sub> were selected as promising for planting.

**Keywords:** Growing environment, non-linear indices, *Lactuca sativa*, inbred lines, mixed models

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

A alfacicultura tem ganhado mais espaço nas áreas produtoras de pequenos e médios agricultores ao redor das grandes cidades e centros de comercialização, devido, principalmente, ao maior retorno econômico. Com a demanda crescente por maiores produções e visando atender à população com produtos de melhor qualidade, os programas de melhoramento genético da cultura têm sido intensificados de maneira a desenvolver novas cultivares com padrões diversificados de consistência, tipos e colorações de folhas, bem como, tamanhos de plantas, a fim de atender a diversos nichos de mercado.

No entanto, antes do lançamento, as cultivares de alface desenvolvidas por programas de melhoramento necessitam ser testadas em diferentes ambientes de cultivo (épocas, anos, sistemas de cultivos), para só depois serem registradas no Sistema Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC / MAPA - e, assim, chegarem ao comércio de sementes para o plantio em áreas produtoras.

Para lançar uma nova cultivar, os melhoristas procedem à avaliação das plantas, ao praticar a mensuração de vários caracteres, com o objetivo de realizar a seleção simultânea para alguns deles, sendo importante, para tanto, a adoção de índices de seleção. Neste aspecto, a linhagem selecionada deve reunir diversos atributos favoráveis, com padrão aceitável de produção e de exigência do consumidor em relação a qualidade do produto (FARIAS, 2005).

A utilização de índices de seleção funciona como um caráter adicional resultante da combinação de diversas características, sobre as quais se deseja obter respostas à seleção (SANTOS et al., 2007), o que permite melhorar diversos caracteres simultaneamente, independente da existência ou não de correlação entre eles (SMITH, 1936; HAZEL, 1943; WILLIAMS, 1962; VILARINHO et al., 2003; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Os índices não paramétricos são aqueles que, teoricamente, podem ser aplicados tanto na seleção recorrente, quanto na seleção de cultivares ou linhagens em fase final de avaliação (SANTOS, 2005).

Para a seleção de uma cultivar de alface para plantio, contudo, deve-se levar em consideração o comportamento apresentado pelas cultivares nos ambientes de cultivo testados, ou seja, é necessário ter o conhecimento da estabilidade e adaptabilidade das plantas, para que o produtor tenha maior segurança na produtividade da cultura, com melhores retornos econômicos.

Várias metodologias foram desenvolvidas para o estudo da interação genótipo x ambiente, no entanto, metodologias mais atuais a partir de modelos mistos (RESENDE, 2007) e bayesianos (MORA; PUPIM-JUNIOR; SCAPIM, 2007; MOLINA, 2007), têm sido amplamente utilizadas em vários experimentos. Porém, a utilização dos modelos mistos em estudos com alface ainda é escassa na literatura, podendo ser encontrada apenas para algumas hortaliças, como cenoura (SILVA et al., 2011), morango (COSTA et al., 2015), pimentão (PIMENTA et al., 2016) e batata-doce (BORGES et al., 2010a). Os modelos mistos, além de selecionarem os genótipos para adaptabilidade, estabilidade e produtividade, ordenam-nos com base em seus valores genéticos, pela média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG – BLUP) (RESENDE, 2004).

Diante do exposto, com o presente trabalho, objetivou-se: a) verificar a eficiência de índices de seleção não paramétricos em selecionar linhagens de alface-crespa resistentes a *B. lactucae* promissoras para o registro no MAPA, e estimar os ganhos genéticos com base nos índices de seleção; b) estimar a estabilidade e adaptabilidade genotípica de linhagens/cultivares de alface-crespa resistentes a *Bremia lactucae* em diferentes sistemas de cultivo e épocas, em Jaboticabal-SP.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A alface (*Lactuca sativa* L.)**

A alface é uma planta dicotiledônea anual, originária de clima temperado, pertencente à família Asteraceae (Compositae), sendo, certamente, uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo. A hortaliça apresenta quantidades razoáveis de vitaminas A e C, niacina, folatos, além de minerais e fibras

alimentares, que compõem a dieta humana. Componente tradicional em saladas, a alface ganha, a cada dia, mercados mais diferenciados como o de redes de “fast-food” e produtos minimamente processados (ABREU; JUNQUEIRA; OLIVEIRA, 2010).

Apresenta, em sua composição química, aproximadamente 95% de água, 1,5% de fibras, 0,90% de açúcares, 0,50% de sais minerais, 0,31 mg de vitamina B<sub>1</sub>, 0,66 mg de vitamina B<sub>2</sub> e 35 g de vitamina C (GOTO, 1998).

Praticamente todas as cultivares de alface se desenvolvem bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo. A ocorrência de temperaturas mais elevadas acelera o ciclo cultural e, dependendo do genótipo, pode resultar em plantas menores devido ao pendoamento precoce (HENZ; SUINAGA, 2009).

As cultivares de alface podem ser agrupadas pelas características das folhas, bem como pelo fato de formarem ou não cabeça. Assim, obtêm-se seis grupos ou tipos diferenciados (FILGUEIRA, 2008) como apresentados a seguir:

- ✓ Tipo repolhuda-crespa (Americana): as folhas são caracteristicamente crespas, bem consistentes, com nervuras destacadas, formando cabeça compacta.
- ✓ Tipo repolhuda-manteiga: as folhas são bem lisas, muito delicadas, de coloração verde-amarelada e aspecto amanteigado, formando uma típica cabeça compacta.
- ✓ Tipo solta-lisa: as folhas são macias, lisas e soltas, não havendo formação de cabeça.
- ✓ Tipos solta-crespa: as folhas são bem consistentes, crespas e soltas, não formando cabeça.
- ✓ Tipo mimosa: este é um tipo que recentemente vem adquirindo certa relevância. As folhas são delicadas e com aspecto bem recortado.
- ✓ Tipo romana: este grupo de alface é de reduzida importância, sendo de aceitação restrita pelos consumidores. As folhas são alongadas e consistentes, com nervuras bem protuberantes, formando cabeças fofas.

O consumo da alface tem crescido, principalmente, devido aos novos hábitos alimentares adotados pela população, e, ao fazê-lo, incluem-na como ingrediente

indispensável nas refeições. Diante disso, a exigência do mercado por alface de boa qualidade já é uma realidade, pois o consumidor está cada vez mais seletivo e criterioso com a alimentação.

Mundialmente, a alface se destaca como uma das hortaliças mais importantes. Somente no ano de 2012, juntamente com a chicória, foram produzidos aproximadamente 25 milhões de toneladas, ocupando área de 1.116.220 ha (FAO, 2012). No Brasil, o estado de São Paulo se destaca no plantio da hortaliça; possui área cultivada equivalente a 10.774,5 ha, dentre a qual se destaca como maior produtora a região do Cinturão Verde de São Paulo (IEA, 2014), uma vez que comercializa, no CEAGESP, 49.451 toneladas (AGRIANUAL, 2016). Ainda assim, áreas menores dessa cultura se distribuem por todo o estado ao redor das principais cidades, onde se observa um aumento gradativo do respectivo cultivo no decorrer dos anos (GALATTI et al., 2012).

Uma das grandes mudanças na alfacultura brasileira nas últimas décadas foi o surgimento da alface crespa - Grand Rapids - em detrimento da tradicional tipo lisa. A mudança da alface lisa do tipo Regina para o tipo crespa ocorreu tanto devido ao mercado do alficultor quanto ao interesse do consumidor. No final da década de 90 a porcentagem de alface crespa comercializada pela Ceagesp em São Paulo ultrapassou o tipo lisa, e, atualmente, o segmento de alface crespa domina o mercado na cidade de São Paulo, com aproximadamente 53% (SALA; COSTA, 2012).

## **2.2 Índices de Seleção**

Nos programas de melhoramento genético, é usual a mensuração de vários caracteres com o objetivo de se praticar a seleção simultânea para alguns deles. Neste aspecto, a linhagem selecionada deve reunir diversos atributos favoráveis, capaz de se diferenciar de cultivares elites já estabelecidas no mercado em potencial produtivo e, ao mesmo tempo, satisfazer as exigências do consumidor com relação à qualidade do produto (FARIAS, 2005).

A utilização de índices de seleção funciona como um caráter adicional, resultante da combinação de diversas características sobre as quais se deseja obter

respostas à seleção (SANTOS et al., 2007), o que permite melhorar diversos caracteres simultaneamente, independente da existência ou não de correlação entre eles (SMITH, 1936; HAZEL, 1943; WILLIAMS, 1962; VILARINHO et al., 2003; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

O índice de seleção é a combinação linear de valores fenotípicos, o qual resulta numa medida que concentra, num único valor, os méritos e os deméritos de cada genótipo para vários caracteres (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999). Dessa forma, ele se constitui como um caráter adicional que resulta da ponderação dos caracteres por meio de coeficientes estimados com base nos valores econômicos, variâncias e covariâncias genéticas e/ou informações de interesse dos melhoristas (LIMA, 2010).

A estimação dos pesos definidos para os caracteres em avaliação é realizada por diversas maneiras, uma vez que existem índices que consideram covariâncias genéticas, fenotípicas e o peso econômico desses caracteres (SMITH, 1936; HAZEL, 1943; WILLIAMS, 1962); ainda há outros que consideram o valor mínimo aceitável para cada caráter, como o índice multiplicativo (ELSTON, 1963; SUBANDI; COMPTON; EMPIG, 1973). Alguns envolvem o ranqueamento e a soma dos ranques dos genótipos para cada um dos caracteres (MULAMBA; MOCK, 1978), como aqueles cujos pesos são obtidos em função da herdabilidade do caráter considerado (SMITH; HALLAUER; RUSSELL, 1981), e há aqueles que utilizam a resposta desejada ou o diferencial de seleção, para ponderar os caracteres utilizados no índice (DICKERSON et al., 1954; ALLAIRE; HENDERSON, 1966; PESEK; BAKER, 1969).

Na literatura, encontram-se vários estudos comparativos entre duas classes de índices de seleção, que são os índices de seleção paramétricos e os índices de seleção não paramétricos.

Os índices paramétricos requerem estimativas de parâmetros da população, logo são utilizados em situações específicas, sendo apropriados quando os genótipos formam uma amostra aleatória (VILARINHO et al., 2003; LESSA et al., 2010).

Em casos que envolvem genótipos que já passaram por seleção (amostra fixas), existe o grupo dos índices não paramétricos, que não requerem estimativas

de parâmetros. Esse grupo pode ser utilizado, pelo menos teoricamente, tanto para amostras aleatórias, quanto para fixas (LESSA et al., 2010).

### 2.3 Índices não paramétricos

Os índices de seleção não paramétricos são aqueles que, teoricamente, podem ser aplicados tanto na seleção recorrente quanto para selecionar cultivares ou linhagens em fase final de avaliação. O primeiro que surgiu foi o índice multiplicativo, proposto por Elston (1963). Em seguida, surgiu o índice baseado em medidas de distâncias dos genótipos a um ideótipo (genótipo existente ou não na população, e que possui o melhor desempenho em todos os caracteres visados na seleção), desenvolvidos por Schwarzbach (1972) *apud* Wricke e Weber (1986), e finalmente, tem-se o índice proposto por Mulamba e Mock (1978), no qual é realizada uma soma de postos ou ranques (SANTOS, 2005).

#### 2.3.1 Índice de Elston (1963)

Esse índice, também conhecido como índice livre de pesos e livre de parâmetros, foi desenvolvido por Elston (1963) e se caracteriza por não exigir o estabelecimento de pesos econômicos relativos aos vários caracteres e à estimação das variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas. Tal índice, como os demais, classifica os genótipos para todos os caracteres ao mesmo tempo, permitindo efetuar as seleções com base em um único valor, com a vantagem de prescindir estimativas e pesos nem sempre disponíveis.

O índice proposto por Elston (1963) pode ser aplicado tanto em programas de seleção recorrente quanto nas etapas finais dos programas de melhoramento, por permitir a fixação de valores críticos, abaixo dos quais os genótipos são descartados (SANTOS, 2005).

De forma geral, o índice multiplicativo pode ser escrito como a seguinte expressão:

$$I_E = \log \prod_{j=1}^m (x_{ij} - k_j) = \log [(x_{i1} - k_1)(x_{i2} - k_2) \dots (x_{in} - k_n)],$$

Em que  $I_E$  denota o índice multiplicativo,  $x_{ij}$  é a média do caráter  $j$  mensurada no genótipo  $i$ , e  $k_j$  é o menor valor selecionável,  $k_j = \frac{n(\min.x_{ij}) - \max.x_{ij}}{n-1}$ , onde  $n$  é o número de genótipos, e  $\min.x_{ij}$  e  $\max.x_{ij}$  são, respectivamente, a menor e a maior média do caráter  $j$ .

O índice proposto por Elston (1963), teoricamente, preenche todos os pré-requisitos na classificação de genótipos com relação a diversos caracteres simultaneamente, sendo assim adequado às etapas finais dos programas de desenvolvimento de cultivares. Contudo, alguns problemas podem surgir em suas aplicações reais. Inicialmente, nota-se que, por ser multiplicativo, impede que o melhorista atribua qualquer peso arbitrário a algum caráter, já que multiplicar o valor de qualquer caráter por um peso significa apenas alterar a escala do índice e não priorizar um caráter sobre os demais (FARIAS, 2005).

### 2.3.2 Índice de Schwarzbach (1972)

O índice construído a partir de medidas de distâncias foi proposto por Schwarzbach (1972) *apud* Wricke e Weber (1986), e se baseia na estimação de distâncias de cada genótipo a um ideótipo, isto é, a um genótipo definido pelo melhorista, que é possuidor do desempenho ideal em todos os caracteres de interesse. Vale ressaltar que esse genótipo pode nem existir na população sob seleção, podendo ser definido arbitrariamente, pelo melhorista (SANTOS, 2005). Assim, calcula-se a dissimilaridade dos genótipos em relação ao ideótipo, obtendo-se, então, o índice. Portanto, o genótipo que apresentar o menor valor, ou seja, maior proximidade do ideal, é selecionado (MARINHO, 2012).

Para o cálculo do índice de Schwarzbach, podem ser empregadas como medidas a distância euclidiana ou a distância de Mahalanobis. Apesar da distância euclidiana média padronizada contornar problemas inerentes ao número e à escala dos caracteres avaliados, apresenta por sua vez o inconveniente de não levar em consideração as correlações residuais entre os caracteres disponíveis (FARIAS, 2005).

Garcia (1998) justifica a escolha da distância euclidiana média como medida

para classificar os genótipos devido à vantagem de permitir que a ausência eventual de uma medida fenotípica não impeça que os índices sejam calculados para o dado genótipo, bastando, para isso, ajustar a expressão da distância. Outra vantagem adicional da euclidiana é a relativa simplicidade na interpretação dos dados se comparada a de outros tipos de distância, como a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ).

A distância euclidiana de cada genótipo ( $i$ ) ao ideótipo ( $I$ ) é expressa pela seguinte equação:

$$D_{iI} = \sqrt{\sum_{j=1}^m d_{ij}^2}$$

Em que  $D_{iI}$  é a distância euclidiana entre o genótipo  $i$  e o ideótipo  $I$ , e  $d_{ij}$  é o desvio padronizado entre a média do caráter  $j$ , mensurada no genótipo  $i$  ( $x_{ij}$ ), e o valor atribuído ao ideótipo nesse caráter ( $x_{Ij}$ ), ou seja,  $d_{ij} = (x_{ij} - x_{Ij})/\sigma_I$ . Essa padronização é feita visando que todos os caracteres, em unidades maiores ou menores, exerçam a mesma influência sobre o valor do índice.

### 2.3.3 Índice de Mulamba e Mock (1978)

Também conhecido por índice de soma de classificação ou soma de ranques, foi proposto por Mulamba e Mock (1978), e se baseia no critério de classificação dos genótipos em relação a cada um dos caracteres avaliados, seguindo a ordem dos objetivos traçados pelo melhorista. A partir desta classificação, são somados os valores de cada característica para os genótipos, resultando em um valor geral considerado como o índice de seleção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

À semelhança do que ocorre com o índice multiplicativo, o índice soma de classificação não requer a estimação das variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas. Teoricamente, o índice pode ser utilizado na seleção de genótipos nas fases finais dos programas de melhoramento (FARIAS, 2005).

O índice de soma de classificação (MULAMBA; MOCK, 1978) é dado pela expressão:

$$I_{MMi} = \sum_{j=1}^m n_{ij}$$

Em que  $I_{MMi}$  é o índice de Mulamba e Mock (1978) do genótipo  $i$ , e  $n_{ij}$  é o número de classificação do genótipo  $i$  com relação ao caráter  $j$ .

Nesse índice, os menores valores de  $I_{MMi}$  correspondem aos melhores genótipos, que assim são facilmente classificados, sem a necessidade de obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos. A aplicação destes índices não paramétricos é mais fácil, em comparação com os paramétricos, uma vez que não requerem estimação de parâmetros nem a atribuição de pesos econômicos aos caracteres. Entretanto, nenhum deles preconiza a aplicação de um teste de médias que permita ao pesquisador saber se as diferenças entre as médias são estatisticamente significativas ou não, e somente o índice multiplicativo permite o estabelecimento de valores de descarte (SANTOS, 2005).

#### **2.4 Índices de seleção no melhoramento de plantas**

A aplicação dos índices de seleção tem sido observada em diversos trabalhos que envolvem o melhoramento de plantas e, com isso, têm-se observado resultados que atendem às expectativas dos melhoristas. Alguns resultados serão apreciados a seguir com aplicação dos índices em programas de melhoramento.

Terres et al. (2015), ao estudar a estimativa de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção: seleção direta e indireta, índice clássico (SMITH, 1936; HAZEL, 1943), índice baseado em soma de ranques (MULAMBA; MOCK, 1978), índice base (WILLIAMS, 1962), índice baseado nos ganhos desejados (PESEK; BAKER, 1969), índice livre de pesos e parâmetros de Elston (1963) e índice multiplicativo (SUBANDI; COMPTON; EMPIG, 1973), em 3 populações híbridas de batata, notaram que o uso dos índices de seleção resultaram em maiores estimativas de ganhos de seleção, com melhor distribuição entre os caracteres avaliados. Os autores concluíram que os melhores índices de seleção encontrados para serem utilizados em programas de melhoramento de batata são os índices multiplicativo de Subandi, Compton e Empig (1973) e o índice baseado na soma de ranques proposto por Mulamba e Mock (1978).

Silva, Pereira e Carvalho (2014), ao trabalhar com seleção de clones de batata da Embrapa para fritura com base em índices de seleção, estimaram os ganhos diretos por índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943), Pesek e Baker (1969) e Williams (1962) e as distâncias ao ideótipo. Dessa forma, verificaram que é possível a utilização de índices de seleção com base no desvio padrão genotípico na seleção de clones de batata para fritura. O índice da distância ao ideótipo foi superior aos demais, indicando ganhos positivos para todos os caracteres em ambos os locais.

Vasconcelos et al. (2010), ao trabalhar com estimativas de ganhos genéticos por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa, concluíram que os índices de Mulamba e Mock, distância do genótipo ao ideótipo e Elston foram os mais adequados ao estudo, tendo propiciado bons ganhos genéticos para a maioria das características avaliadas.

Bertini et al. (2010), ao trabalhar com análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi, avaliaram 47 genótipos e concluíram que a utilização do índice de soma de ranques de Mulamba e Mock (1978) permitiu identificar genótipos superiores e divergentes, assegurando a escolha de parentais com maior potencial produtivo e que pudessem ser utilizados na formação de populações segregantes.

Freitas Júnior et al. (2009), ao estudar a predição de ganhos genéticos na população de 200 famílias de irmãos-completos de milho pipoca sob seleção recorrente, utilizando diferentes índices de seleção de Mulamba e Mock (1978), Pesek e Baker (1969), Smith (1936), Hazel (1943) e Williams (1962), verificaram que o índice de seleção Mulamba e Mock (1978), além de permitir a predição de ganhos negativos para número de espigas doentes e atacadas por pragas, para número de plantas quebradas e acamadas e espigas mal empalhadas, e também para a capacidade de expansão e rendimento dos grãos, este índice proporcionou ganhos superiores aos demais índices.

Santos e Araújo (2001), ao estudar a aplicação de índices para seleção de caracteres agrônômicos de 52 genótipos de feijão-de-corda, afim de identificar genótipos com melhores combinações de caracteres, concluíram que os índices soma de ranques, o multiplicativo e o livre de pesos e parâmetros, além de

apresentarem progressos satisfatórios para um conjunto de caracteres, foram os de mais fácil aplicação em relação aos demais índices utilizados.

Barbosa e Pinto (1998), ao estudar a eficiência de índices de seleção na identificação de 817 clones superiores de batata, sugeriram os índices de seleção propostos por Smith (1936), Hazel (1943), Williams (1962), Pesek e Baker (1969) e Mulamba e Mock (1978), para o uso em programas de melhoramento de batata, empregando-se, nos dois primeiros, o desvio padrão genético ou sua recíproca como peso econômico.

## **2.5 Interação genótipo x ambiente (IGA)**

Fatores ambientais exercem maior influência sobre características quantitativas que em características qualitativas. Isso sugere que, nos programas de melhoramento genético de plantas, sejam realizados testes de cultivares em múltiplos locais e anos, a fim de se avaliar o comportamento dessas cultivares/linhagens frente às diferenças entre e dentro de ambientes, o que caracteriza um estudo da interação de genótipos com ambientes (SANTOS, 2009).

Essa interação pode ser percebida pelas respostas diferenciadas de genótipos quando avaliados em diferentes ambientes (ano, local, época de plantio, sistemas de cultivos, entre outros), ou seja, quando os genótipos não possuem performances semelhantes em todos os ambientes de teste (CROSSA, 1990).

Vencovsky e Barriga (1992) salientam que é importante o conhecimento do fenômeno da IGA, seja do tipo genótipo x locais, genótipos x anos, genótipo x épocas de cultivos ou mesmo outros, pois ele orienta o planejamento e a adoção de estratégias do melhoramento na recomendação de cultivares/linhagens, além de ser determinante na questão da estabilidade fenotípica das cultivares para uma região. Assim, o perfeito conhecimento da interação GA é de extrema importância nos programas de melhoramento, uma vez que graças a esse conhecimento se tornam possíveis a seleção de genótipos com adaptação ampla ou específica, a escolha de locais de seleção e a determinação do número ideal de ambientes e de genótipos a serem avaliados durante a seleção de genótipos com adaptação ampla ou específica, a escolha de locais de seleção e a determinação do número ideal de

ambientes e de genótipos a serem avaliados durante a seleção (FOX; CROSSA; ROMAGOSA, 1997).

De acordo com Allard e Bradshaw (1964), as variações ambientais que contribuem para a interação com os genótipos podem ser classificadas em dois tipos: previsíveis e não previsíveis. O primeiro tipo abrange aquelas características do clima cuja variação é previsível, tais como: local, solo, comprimento do dia, insolação e também as variações ambientais determinadas pela ação do homem, como, época e densidade de semeadura, níveis de adubação e outros tratamentos culturais. As variações imprevisíveis se constituem nas oscilações no clima que não podem ser previstas, tais como volume e distribuição das chuvas, variações da temperatura e outros.

Squillasi (2003) determinou que a resposta dos genótipos frente à variação do ambiente pode ser classificada como sendo do tipo simples ou complexa:

- ✓ Interação Simples, na qual há mudança na magnitude de performance dos genótipos, mas o ordenamento destes, nos diferentes ambientes, permanece inalterado, ou seja, um genótipo que era superior no ambiente 1 permanece superior no ambiente 2. Este tipo de interação indica que as populações são geneticamente heterogêneas e os ambientes homogêneos, ou vice-versa.
- ✓ Interação Complexa, na qual há uma resposta diferenciada das populações (ou genótipos) a diferentes ambientes, havendo uma mudança na classificação destas.

As respostas diferenciadas dos genótipos às variações ambientais, tais como oscilação de temperatura, altitude, ocorrência de doenças, tipo e fertilidade do solo, entre outras, são atribuídas às diferentes constituições genotípicas de cada material, que conferem maior ou menor adaptabilidade e estabilidade de produção (FIGUEIREDO, 2014).

Cruz, Regazzi e Carneiro (2004) relatam que apesar de ser de grande importância para o melhoramento, uma simples análise da interação GA não proporciona informações completas e exatas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Portanto, devem ser realizadas análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais se torna possível a identificação de

cultivares/linhagens com comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições específicas ou amplas.

O termo adaptabilidade designa a capacidade potencial de genótipos para assimilarem vantajosamente o estímulo ambiental, o que é uma grande vantagem do ponto de vista da produtividade agrícola. A estabilidade é considerada como a capacidade dos genótipos de exibirem um desempenho o mais constante possível, de acordo com as variações ambientais (MARIOTTI et al., 1976 *apud* VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Becker (1981) classificou a estabilidade como estática ou dinâmica. Estática, quando o genótipo apresenta uma performance estável em diferentes ambientes, havendo pequena variância entre os ambientes. Isso implica em baixa resposta a estímulos para maior produtividade (como níveis elevados de adubação), o que é indesejável para o produtor. Este conceito é conhecido como estabilidade no sentido biológico (homeostase). A estabilidade dinâmica refere-se àqueles genótipos que apresentam performance estável, mas para cada ambiente em particular, onde sua performance corresponde a um nível esperado ou predito. É tido como estabilidade no sentido agrônômico.

Várias são as metodologias de estudo da interação GA, as quais passam pelas mais tradicionais (método da ANAVA conjunta), incluindo métodos baseados em regressão (linear simples, bilinear e não-linear), métodos não paramétricos, métodos multiplicativos e métodos multivariados (KANG; GAUCH, 1996; KANG, 2002; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004), até os mais atuais, baseados em modelos mistos (RESENDE, 2007) e os bayesianos (MOLINA, 2007; MORA; PUPIM-JUNIOR; SCAPIM, 2007).

Os modelos mistos desenvolvidos por Henderson (1973) são utilizados para descrever dados de experimentos cuja estrutura de tratamentos envolve alguns fatores que são fixos e outros aleatórios, ou seja, modelos lineares que contêm efeitos fixos e aleatórios, independentemente da média e do erro.

Os modelos mistos, além de selecionarem os genótipos para adaptabilidade, estabilidade e produtividade, são ordenados com base em seus valores genéticos pela média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG – BLUP) (RESENDE, 2004). Esse método tem outras vantagens, como: (i) considera

os efeitos genotípicos como aleatórios e, portanto, fornece estabilidade e adaptabilidade genotípica, e não fenotípica; (ii) permite lidar com desbalanceamento; (iii) permite lidar com delineamentos não ortogonais; (iv) permite lidar com heterogeneidade de variâncias; (v) permite considerar erros correlacionados dentro de locais; (vi) fornece valores genéticos já descontados (penalizados) da instabilidade; (vii) pode ser aplicado com qualquer número de ambientes; (viii) permite considerar a estabilidade e a adaptabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênie; (ix) não depende da estimação de outros parâmetros, tais como coeficientes de regressão; (x) elimina os ruídos da interação genótipos x ambientes, pois considera a herdabilidade desses efeitos; (xi) gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado; e (xii) permite computar o ganho genético com a seleção pelos três atributos simultaneamente (RESENDE, 2004, 2007; OLIVEIRA et al., 2005; BASTOS et al., 2007; CARBONELL et al., 2007).

Várias pesquisas têm sido realizadas com a aplicação de modelo misto para estimar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares/linhagens de diversas culturas, porém pesquisas com a alface, utilizando a metodologia REML/BLUP, ainda são escassas na literatura. Resultados obtidos com algumas culturas são apresentados a seguir:

Costa et al. (2015), estudando adaptabilidade e estabilidade de cultivares de morango usando o modelo misto, avaliaram sete cultivares ('Dover', 'Camino Real', 'Ventana', 'Camarosa', 'Seascape', 'Diamante' e 'Aromas') no sistema de túnel baixo nos anos agrícolas 2006/2007, 2007/2008 e 2008/2009, em três locais na região montanhosa do Estado do Espírito Santo. A análise de deviance para produtividade demonstrou que apenas os efeitos de genótipos e a interação tripla genótipo x localização x ano foram significativas, o que indica a presença de variabilidade genética entre as cultivares e a inconsistência da posição entre os genótipos para combinações do ano e localização.

Torres et al. (2015), estudando a interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos, realizaram estimativas de parâmetros genéticos pela metodologia REML/BLUP e basearam a seleção no método da média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos (MHPRVG) em três estratégias: seleção com base no valor genético predito, tendo-

se considerado o desempenho médio dos genótipos em todos os ambientes (sem efeito de interação) ou o desempenho em cada ambiente (com efeito da interação); e seleção simultânea quanto à produtividade de grãos, estabilidade e adaptabilidade. Chegaram à conclusão que os genótipos BRS Paraguaçu, MNC99-542F-5 e MNC99-508G-1 podem ser cultivados em vários ambientes, pois reúnem alta produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade.

Farias Neto et al. (2013) trabalharam com a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de mandioca pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). Dez genótipos foram avaliados em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A produtividade de raízes apresentou baixos coeficiente de variação genotípica (4,25%) e herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo (0,0424), o que resultou em baixo ganho genético. Em razão da baixa correlação genotípica (0,15), a classificação dos genótipos quanto à produtividade de raízes variou de acordo com o ambiente. Os genótipos CPATU 060, CPATU 229 e CPATU 404 destacaram-se quanto à produtividade, adaptabilidade e estabilidade.

Borges et al. (2010b), avaliando o desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas via metodologia de modelos mistos, utilizaram dados de produtividade de grãos dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) do programa cooperativo de melhoramento de arroz de terras altas, desenvolvido em Minas Gerais, no período de 1997/1998 a 2007/2008. Realizaram-se análise de deviance para verificar a significância dos efeitos de genótipos e suas interações com locais e anos, obtendo-se a estabilidade e a adaptabilidade genotípicas, com os métodos da média harmônica dos valores genotípicos. Os efeitos de genótipos, genótipos x locais e genótipos x anos foram estatisticamente significativos ( $p \leq 0,05$ ). Com maior adaptabilidade, estabilidade e produtividade de grãos, simultaneamente, destacaram-se a BRSMG Caravera, Curinga-3, MG 1089, MG 1097 e CNA 8436. A BRSMG Caravera, entre todas as cultivares e linhagens avaliadas de 1997 a 2008, foi a de melhor desempenho pela MHPRVG, ou seja, maior estabilidade, adaptabilidade e produtividade de grãos, simultaneamente, proporcionando aos orizicultores de Minas Gerais, alta segurança no seu cultivo.

Carbonell et al. (2007), avaliando cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no estado de São Paulo, estudaram a adaptabilidade e

estabilidade dos valores genotípicos preditos por meio do procedimento BLUP. Verificaram que a cultivar Graúna e a linhagem GEN 96A31 apresentaram superioridade média de 10% sobre a média geral dos 15 ambientes. Os valores foram computados já penalizando as linhagens pela instabilidade através dos locais e ao mesmo tempo capitalizando a capacidade de resposta (adaptabilidade) à melhoria do ambiente, ao usar propriedades intrínsecas ao método MHPRVG (Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos). Os métodos MHPRVG, Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992) selecionaram praticamente as mesmas linhagens. Contudo, o método MHPRVG forneceu os resultados na própria escala de medição do caráter avaliado, os quais foram interpretados diretamente como valores genéticos para produtividade, estabilidade e adaptabilidade, simultaneamente.

## **2.6 Adaptação da alface em ambientes de cultivo**

O plantio da alface pode ser realizado em diversos sistemas de cultivo, no entanto, os melhores desempenhos dos genótipos nesses ambientes dependem da adaptação que eles adquirem durante o seu desenvolvimento. Vários sistemas de cultivo protegido, tais como utilização de cobertura do solo com *mulching* e plantas mortas, utilização de telados de sombreamento, manta de agrotêxtil, coberturas com polímeros de polietileno, telados termorrefletores e outros, podem ser empregados nos cultivos das plantas.

Em ambiente protegido, as principais finalidades, quando sob estrutura de proteção, são as de anular os efeitos negativos das baixas temperaturas, geadas, vento, granizo, excesso de chuva, bem como, de encurtar o ciclo de produção, e ainda de aumentar a produtividade e obter produtos de melhor qualidade (SGANZERLA, 1995).

Alguns autores já constataram incrementos na produção e qualidade da planta colhida de alface, quando realizadas em diversos sistemas de cultivos protegidos e épocas de plantio, como podemos verificar alguns dos resultados a seguir.

Feltrim, Reghin e Vinne (2003) avaliaram o cultivo da alface com agrotêxtil em diferentes períodos; utilizaram o delineamento experimental em blocos casualizados

com quatro repetições, tendo os tratamentos seguido esquema fatorial 5x2. A testemunha foi mantida sem proteção o ciclo todo. Foram utilizadas as cultivares Veneza Roxa e Maravilha das Quatro Estações. Os dados foram submetidos a análise de variância, na qual as cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, e pelos períodos por regressão polinomial. Avaliaram-se as características de altura, número de folhas, massa da matéria fresca e biomassa. Considerando a produção, entre as cultivares não houve diferença significativa. Em relação aos períodos, as duas cultivares apresentaram respostas lineares nas características de altura e número de folhas. No entanto, esta superioridade não resultou igualmente em aumento da produção. Somente a Veneza Roxa apresentou resposta positiva, com aumento linear na massa da matéria fresca e biomassa. Na cultivar Maravilha das Quatro Estações, a manutenção do agrotêxtil por períodos prolongados influenciou negativamente a qualidade, resultando em 'cabeças' frouxas, sem compacidade. Para as duas cultivares, a manutenção do agrotêxtil promoveu precocidade de colheita.

Queiroz et al. (2014) estudaram a estabilidade fenotípica de alface em diferentes épocas e ambientes de cultivo, em condições de alta temperatura, tendo avaliado cinco cultivares (Verônica, Vera, Cinderela, Isabela e Veneranda), sete ambientes (campo aberto, tela de sombreamento 30; 40; 50% de luz e malhas termo refletoras 30; 40; e 50%) e duas épocas de cultivo (outubro a dezembro de 2008 e julho a setembro de 2009), em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 7 x 2. Em relação à produção total e produção comercial a cultivar Verônica foi a que mais se destacou. Houve diferença no desempenho produtivo das cultivares em relação às épocas de cultivo. E os parâmetros do coeficiente de determinação e índice de variação do número de folhas são próximos da unidade, apresentando maior estabilidade. A cultivar Verônica se manteve mais estável nos períodos de produção respondendo melhor às épocas de plantio, independentemente dos ambientes de cultivos. A cultivar Cinderela, em relação às outras cultivares, manteve boa produção, sendo a segunda opção para o cultivo.

Barros Júnior et al. (2004) realizaram experimentos de março a abril de 2004, com o objetivo de avaliarem o desempenho de cultivares da alface em túneis baixos de agrotêxtil. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados

completos em esquema fatorial 2 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de alface (Tainá e Babá de Verão) e três tipos de cobertura (dois túneis baixos de 50 cm de altura de agrotêxtil branco com gramatura de 13 g m<sup>-2</sup> e 40 g m<sup>-2</sup> e sem cobertura). Avaliaram-se a altura e diâmetro de plantas, número de folhas por planta, massa seca da parte aérea e produtividade. A cultivar Babá de Verão apresentou melhor desempenho em altura de plantas, número de folhas e produtividade. O túnel baixo de agrotêxtil branco com gramatura de 40 g/m<sup>2</sup> promoveu maior altura, diâmetro e produtividade de alface.

Andrade Júnior et al. (2005) avaliaram o efeito de diferentes coberturas de canteiro sobre as características agronômicas de cultivares de alface tipo lisa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 2, proveniente da combinação de cinco tipos de cobertura (plástico preto, capim braquiária seco, casca de arroz, casca de café e solo nu) e duas cultivares de alface tipo lisa (Regina e Elisa), com 3 repetições. A colheita foi realizada 42 dias após o transplântio, sendo avaliados a produção total (t ha<sup>-1</sup>), produção comercial, massa média por planta, diâmetro médio de cabeça, diâmetro médio de caule, número médio de folhas e massa média de raiz. Foi observada interação significativa entre tipos de cobertura x cultivares somente para a característica massa média de raiz; a cultivar Elisa apresentou maior massa média de raiz, quando utilizadas as coberturas com casca de café e casca de arroz. A cobertura com casca de café foi a que proporcionou os melhores resultados, superando os demais tipos de cobertura para todas as características avaliadas.

Figueiredo, Malheiros e Braz (2004) estudaram a interação genótipo x ambiente de doze cultivares de alface, sendo quatro do grupo lisa (Babá de Verão, Karla, Nacional e Elisa), quatro do grupo crespa (Simpson, Hortência, Verônica e Grand Rapids) e quatro do grupo americana (Laidy, Tainá, Lucy Brown e Raider). Os tratamentos foram constituídos pelo cultivo da alface em dez ambientes (casa de vegetação, túnel baixo de cultivo, túnel baixo com tela de sombreamento, agrotêxtil e campo, na presença e ausência de *mulching*). Foram utilizados dois períodos de cultivo, agosto a novembro de 2001 e março a junho de 2002, em Jaboticabal. Cada experimento (ambiente de cultivo) foi conduzido utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com doze cultivares e três repetições. A análise de variância

conjunta demonstrou valores de F significativos ( $p < 0,01$ ) para a interação genótipo x ambiente. Para o cultivo de agosto a novembro/2001, as melhores respostas foram obtidas para as cultivares do Grupo Lisa, nos ambientes casa de vegetação com *mulching*, túnel baixo de cultivo sem *mulching* e campo sem *mulching*. Todas as cultivares apresentaram piores desempenhos nos ambientes túnel com tela de sombreamento sem *mulching*, agrotêxtil com e sem *mulching*.

Silva et al. (2013) avaliaram a produção de alface sobre diferentes sistemas de cultivo, com cobertura viva e morta. Utilizaram delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (Plantio Direto sob milho e amendoim forrageiro, Palhada de grama esmeralda, e plantio convencional (sem cobertura)) e quatro repetições. A colheita foi realizada aos 35 dias após o transplante para avaliação da produção. Não houve diferença significativa (5%) entre os sistemas de cultivo para a maioria das características avaliadas; somente para característica comprimento do caule houve diferença significativa. Os sistemas de cultivo com coberturas de solo não se diferenciaram do cultivo convencional para as características avaliadas da alface, sendo indicadas como sistemas alternativos ao cultivo da alface-crespa cv. Vera. O cultivo com cobertura viva de amendoim forrageiro proporcionou melhor conforto térmico para a cultura da alface-crespa cv. Vera.

## REFERÊNCIAS

ABREU, I. M. O.; JUNQUEIRA, J. R. P.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 108-118, 2010. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000500018> >.

AGRIANUAL 2016: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativo, 2016. p. 307.

ALLAIRE, F. R.; HENDERSON, C. R. Selection practiced among dairy cows: II. Total production over a sequence of lactations. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 49, n. 11, p. 1435-1440, 1966.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; YURI, J. E.; NUNES, U. R.; PIMENTA, F. L.; MATOS, C. S. M.; FLORIO, F. C. A.; MADEIRA, D. M. Emprego de tipos de cobertura de canteiro no cultivo da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 899-903, 2005. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000400007> >.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.

BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 149-156, 1998.

BARROS JÚNIOR, A. P.; GRANGEIRO, L. C.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, J. O.; AZEVEDO, P. E.; MEDEIROS, D. C. Cultivo da alface em túneis baixos de agrotêxtil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 801-803, 2004. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000400028> >.

BASTOS, I. T.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELLI, L. A.; SILVEIRA, L. C. I. da; DONDA, L. R.; FORTUNATO, A. A.; COSTA, P. M. de A.; FIGUEIREDO, I. C. R. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 4,

p. 195-203, 2007.

BECKER, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. **Euphytica**, Dordrecht, v. 30, n. 3, p. 835-840, 1981.

BERTINI, C. H. C. M.; ALMEIDA, W. S. de.; SILVA, A. P. M.; SILVA, J. W. L.; TEÓFILO, E. M. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 613-619, 2010. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.4631> >.

BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010a. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.4837> >.

BORGES, V.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; RESENDE, M. D. V.; CORNÉLIO, V. M. O.; LEITE, N. A.; VIEIRA, A. R. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 833-841, 2010b. Disponível em : < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000400008> >.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S.; BERALDO, A. L. A.; PERINA, E. F. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p.193-201, 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000200003> >.

COSTA, A. F.; LEAL, N. R.; VENTURA, J. A.; GONÇALVES, L. S. A.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do.; COSTA, H. Adaptability and stability of strawberry cultivars using a mixed model. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 435-440, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v37i4.18251> >.

CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 44, n. 1, p. 55-85, 1990.

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

DICKERSON, G. E.; BLUNN, C. T.; CHAPMAN, A. G.; KOTTMAN, R. M.; KRIDDER, J. L.; WARWICK, E. J.; WHATLEY JUNIOR, J. A.; BAKER, M. L.; WINTERS, L. M. **Evaluation of developing inbred lines of swine**. Columbia: University of Missouri, Agricultural Experiment Station, 1954. 60 p.

ELSTON, R. C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, v. 19, n. 1, p. 85-97, 1963.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION). **FAOSTAT**: Agricultural production, primary crops. Rome, 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em: 10 abril 2016.

FARIAS NETO, J. T. de.; MOURA, E. F.; RESENDE, M. D. V. de.; CELESTINO FILHO, P.; AUGUSTO, S. G. Genetic parameters and simultaneous selection for root yield adaptability and stability of cassava genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 12, p. 1562-1568, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001200005>>.

FARIAS, F. J. C. **Índice de seleção de cultivares de algodoeiro herbáceo**. 2005. 121 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FELTRIM, A. L.; REGHIN, M. Y.; VINNE, J. V. der. Cultivo da alface com agrotêxtil em diferentes períodos. **Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci Agr. Eng.**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p. 21-27, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5212/publicatio.v9i01.799>>.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FIGUEIREDO, A. G. de. **Aplicação de modelos mistos na avaliação de estabilidade e adaptabilidade em milho utilizando dados desbalanceados**. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

FIGUEIREDO, E. B.; MALHEIROS, E. B.; BRAZ, L. T. Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 66-71, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000100013>>.

FOX, P. N.; CROSSA, J.; ROMAGOSA, I. Multi-environment testing and genotype-environment interaction. In: KEMPTON, R. A.; FOX, P. N. (Ed.). **Statistical methods for plant variety evaluation**. New York: Chapman & Hall, 1997. p. 117-138.

FREITAS JÚNIOR, S. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RANGEL, R. M.; VIANA, A. P. Predição de ganhos genéticos na população de milho pipoca UNB-2U sob seleção recorrente utilizando-se diferentes índices de seleção. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 803-814, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4p803> >.

GALATTI, F. S.; CASTOLDI, R.; BRAZ, L. T.; PANIZZI, R. C. Monitoramento de raças de *Bremia lactucae* em 2010 e 2011 no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 4, p. 271-279, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052012000400001> >.

GARCIA, A. A. F. **Índice para a seleção de cultivares**. 1998. 112 f. Tese (Doutorado em Genética em Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices não paramétricos para seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 253-267, 1999. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051999000200005> >.

GOTO, R. A cultura da alface. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org). **Produção de hortaliças em ambientes protegidos: condições subtropicais**. 1 ed. São Paulo. Fundação Editora da Unesp-Universidade Estadual Paulista, 1998. p. 137-159.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

HENDERSON, C. R. Sire evaluation and genetics trends. In: ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM, 3, 1973, Champaign. **Resumos...** Champaign, 1973. p. 10-41.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. Comunicado Técnico 75. **Tipos de alface cultivadas no Brasil**. Brasília. EMBRAPA : Hortaliças, 2009. 7 p. (Embrapa-Hortaliças. Comunicado Técnico, 75).

IEA (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA). **Área e produção dos principais produtos da agropecuária**. [São Paulo], 2014. Banco de dados: estatísticas da produção paulista. Disponível em: <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)>. Acesso em: 13 março 2016.

KANG, M. S. Genotype-environment interaction: progress and perspectives. In: KANG, M. S. (Ed.). **Quantitative genetics, genomics and plant breeding**, New York: CABI, 2002. p. 221-243.

KANG, M. S.; GAUCH Jr., H. G. (Ed.) **Genotype-by-environment interaction**. Flórida: CRC Press, 1996. 416 p.

LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; SANTOS, V. S.; SILVA, S. O.; PEIXOTO, C. P. Seleção de híbridos diploides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 525-534, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300003>>.

LIMA, L. K. de. **Implicações da interação progênies x ambientes no índice de seleção envolvendo alguns caracteres na cultura do feijoeiro**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.

MARINHO, C. D. **Análise de estabilidade fenotípica e uso de índices para seleção de linhagens de feijão-vagem**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucuman, v. 13, n. 1-4, p. 105-27, 1976.

MOLINA, M. R. **Um estudo sobre métodos estatísticos na avaliação da interação genótipo x ambientes em genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2007. 68 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade

Estadual Paulista, Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

MORA, F.; PUPIM-JUNIOR, F.; SCAPIM, C. A. Prediccion del efecto de cultivares de algodón em la presencia de interacción genotipo-ambiente. **Ciencia e Investigacion Agraria**, Santiago, v. 34, n. 1, p. 105-110, 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000100002> >.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

OLIVEIRA, R. A.; RESENDE, M. D. V.; DAROS, E.; BESPALHOK FILHO, J. C.; ZAMBON, J. L. C.; IDO, O. T.; WEBER, H.; KOEHLER, H. S. Genotypic evaluation and selection of sugarcane clones in three environments in the state of Paraná. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 5, n. 3, p. 426-434, 2005.

PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Sciences**, Ottawa, v. 49, p. 803-804, 1969.

PIMENTA, S.; MENEZES, D.; NEDER, D. G.; MELO, R. A.; ARAUJO, A. L. R.; MARANHÃO, E. A. A. Adaptability and stability of pepper hybrids under conventional and organic production systems. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 168-174, 2016. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160000200004> >.

QUEIROZ, J. P. S.; COSTA, A. J. M.; NEVES, L. G.; SEABRA JÚNIOR, S.; BARELLI, M. A. A. Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 276-283, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000200007> >.

RESENDE, M. D. V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica; Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 561 p.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 65 p.

SALA F. C.; COSTA C. P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002> >.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. de. Aplicação de índices para seleção de caracteres agronômicos de feijão-de-corda. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 32, n. 1, p. 78-84, 2001.

SANTOS, F. S., AMARAL JÚNIOR, A. T., FREITAS JÚNIOR, S. P., RANGEL, R. M., PEREIRA, M. G. Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 389-396, 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000300004> >.

SANTOS, V. B. dos. **Avaliação genotípica de linhagens de arroz de terras altas via metodologia de modelos mistos**. 2009. 164 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SANTOS, V. S. **Seleção de pré - cultivares de soja baseada em índices**. 2005. 104 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SCHWARZBACH, E. **Einige Anwendungsmöglichkeiten elektronischer Datenverarbeitung (EDV) für die Beurteilung von Zuchtmaterial**. Arb. Tag. Österr. Pfl anzenz Gumpenstein, p. 277-287, 1972.

SGANZERLA, E. **Nova Agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 5. ed. Guaíba: Agropecuária, 1995. 342 p.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 494-501, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011005000003> >.

SILVA, G. O.; PEREIRA, A. S.; CARVALHO, A. D. F. de. Seleção de clones de batata para fritura com base em índices de seleção. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 6, p. 941-947, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461060008> >.

SILVA, L. B.; NODARI, I. D. E.; SEABRA JÚNIOR, S.; DIAS, L. D. E.; NEVES, J. F. Produção de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1742-1749, 2013.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-1809.1936.tb02143.x> >.

SMITH, O. S.; HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A. Use of index selection in recurrent selection programs in maize. **Euphytica**, Wageningen, v. 30, n. 3, p. 611-618, 1981.

SQUILASSI, M. G. **Interação de genótipos com ambientes**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2003, 47 p. Disponível em <http://www.cpatc.embrapa.br>.

SUBANDI, W. A.; COMPTON.,; EMPIG, L. T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 2, p. 184-186, 1973. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300020011x> >.

TERRES L. R.; LENZ E.; CASTRO C. M.; PEREIRA A. S. Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 305-310, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000300005> >.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A. M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p. 255-260, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0099> >.

VASCONCELOS, E. S. de.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. de. Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.2, p. 205-210, 2010.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VILARINHO, A. A.; VIANA, J. M. S.; SANTOS, J. F.; CÂMARA, T. M. M. Eficiência da seleção de progênies  $S_1$  e  $S_2$  de milho-pipoca, visando à produção de linhagens. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 9-17, 2003. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000100002> >.

WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Washington, v. 18, n. 3, p. 375-393, 1962.

WRICKE, G.; WEBER, W. E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. New York: Walter de Gruyter, 1986. 406 p.

## CAPÍTULO 2 - SELEÇÃO DE LINHAGENS DE ALFACE-CRESPA BASEADA EM ÍNDICES NÃO PARAMÉTRICOS

**RESUMO** - A utilização de índices de seleção não paramétricos, ou seja, índices que não requerem estimativas de parâmetros, pode auxiliar o processo de seleção de linhagens em fase final de melhoramento. Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi o de verificar a eficiência de índices de seleção não paramétricos em selecionar linhagens de alface-crespa promissoras para o registro no Ministério da Agricultura, com base em diferentes caracteres, bem como, estimar ganhos genéticos com base nos índices de seleção. Foram utilizados os índices de Mulamba e Mock, Elston e Schwarzbach. Avaliaram-se dez genótipos de alface-crespa, sendo oito linhagens (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>, L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub>, L<sub>8</sub>) e duas cultivares comerciais (Vanda e Vera), em seis locais de cultivo durante o outono-inverno de 2014. O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com quatro repetições, tendo sido avaliados os caracteres de produção total, produção comercial, número de folhas, volume de plantas e comprimento do caule. Os efeitos dos genótipos, ambientes e interação GxA foram significativos para todos os caracteres. Os índices foram correlacionados na classificação dos genótipos, tendo o índice de Mulamba e Mock se destacado por ter possibilitado bons ganhos diretos para os caracteres, e por estar fortemente correlacionado com os demais índices em estudo, e também pela facilidade de sua construção, sendo recomendado para seleção de genótipos de alface-crespa em fase de recomendação de cultivares em diversos ambientes. As linhagens superiores de alface-crespa L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub> se apresentaram como promissoras e recomendadas para registro.

**Palavras-chave:** correlação de Spearman, desempenho agrônômico, índices não-lineares, *Lactuca sativa*

## CHAPTER 2 – SELECTION OF BREEDING LINES OF CRISPY ENDIVE LETTUCE BASED ON NONPARAMETRIC INDICES

**ABSTRACT** – The use of nonparametric selection indices, that is, indices that do not require estimated parameters, may contribute to the selection of breeding lines in the final stage of breeding. As such, the aim of this study was to assess the efficiency of nonparametric selection indices in selecting promising breeding lines of crispy endive lettuce for registration with the Ministry of Agriculture based on different traits, as well as estimate genetic gains in relation to the selection indices. The indices of Mulamba and Mock and Elston and Schwarzbach were used. Ten genotypes of crispy endive lettuce were studied, namely eight breeding lines (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>, L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub>, L<sub>8</sub>) and two commercial cultivars (Vanda and Vera), in six locations during the fall-winter season of 2014. A randomized block design was used, with four repetitions, assessing the traits of total yield, commercial yield, number of leaves, plant volume and stalk length. The effects of genotypes, environments and GxA interaction were significant for all traits. The indices were correlated in genotype classification, with the Mulamba and Mock index standing for providing better direct gains for the traits in question and exhibiting a strong correlation with the other indices studied, in addition to its easy construction. As such, it is recommended for use in the selection of crispy endive lettuce genotypes when recommending cultivars for different environments. The superior crispy endive lettuce varieties L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>7</sub> and L<sub>8</sub> were found to be promising and are therefore recommended for registration.

**Keywords:** Spearman's correlation, agronomic performance, nonlinear indices, *Lactuca sativa*

## 1 INTRODUÇÃO

A alface é uma das hortaliças folhosas mais consumidas pela população brasileira, e seu consumo tem crescido a cada ano, devido principalmente a novos hábitos alimentares adotados pela população que a incluem como ingrediente indispensável nas refeições. Diante disso, a exigência do mercado por alface de boa qualidade já é uma realidade, pois o consumidor está cada vez mais seletivo e criterioso com a alimentação.

A alface tipo crespa é a que apresenta maior volume de comercialização entre os tipos de alface, sendo comercializado no CEAGESP um volume de 49.451 toneladas (AGRIANUAL, 2016), destacando-se a região do Cinturão Verde de São Paulo como maior produtora (IEA, 2014). No entanto, áreas menores dessa cultura distribuem-se por todo o estado, ao redor das principais cidades, sendo seu aumento gradativo com o decorrer dos anos (GALATTI et al., 2012).

O programa de melhoramento de alface-crespa da UNESP-FCAV vem atuando, desde 2003, em duas vertentes: identificação de raças de *Bremia lactucae* L. nas regiões produtoras de alface do estado de São Paulo, com monitoramento anual (BRAZ et al., 2007; SOUZA et al., 2011; CASTOLDI et al., 2012; GALATTI et al., 2012; NUNES et al., 2016); e a realização de cruzamentos entre genitores de alface-crespa e alfases diferenciadoras detentoras de genes DM, visando obter novas linhagens com boas características agronômicas e resistentes a *B. lactucae* (CASTOLDI et al., 2014). Atualmente o programa dispõe de linhagens promissoras para avaliação em diferentes ambientes de cultivo.

Ensaio de desempenho agrônômico em diferentes locais e sistemas de cultivos são uma importante etapa do melhoramento genético, pois, nessa fase, são avaliadas as características agrônômicas e produtivas necessárias para a futura recomendação das linhagens.

A utilização de índices de seleção não paramétricos, ou seja, índices que não requerem estimativas de parâmetros, pode auxiliar no processo de seleção de linhagens em fase final de melhoramento. Os índices não paramétricos têm por objetivo a simples classificação dos genótipos (GARCIA; SOUZA JUNIOR, 1999).

Na literatura, têm sido relatados diversos trabalhos evidenciando a eficiência de alguns índices de seleção não paramétricos na seleção de progênies em início de programa de melhoramento (OLIVEIRA et al., 2008; NEVES et al., 2011), bem como a seleção de linhagens avançadas (VITTORAZZI et al., 2013; MARINHO et al., 2014); todavia, estudos com índices de seleção em alface ainda são escassos.

Nick et al. (2013), trabalhando com seleção simultânea para qualidade de fruto e resistência à requeima em progênie de tomateiro, verificaram que a utilização do índice de Mulamba e Mock (1978) resultou em maiores ganhos totais para qualidade de fruto.

Vittorazzi et al. (2013) trabalhando com o índice de seleção de Garcia e Mulamba e Mock (1978) na seleção de pré-cultivares de milho-pipoca, verificaram que ambos os índices foram positivamente correlacionados à classificação dos genótipos de melhor desempenho.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, verificar a eficiência de índices de seleção não paramétricos em selecionar linhagens de alface-crespa promissoras para o registro no Ministério da Agricultura, bem como estimar ganhos genéticos com base nos índices de seleção.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em áreas de produtores de alface do estado de São Paulo, nos municípios de Monte Alto, São Simão, Aramina, Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim e Salesópolis, durante o Outono-Inverno de 2014. Avaliaram-se oito linhagens de alface-crespa possuidoras dos fatores de resistência DM 18 e R 38 à *B. lactucae*, sendo quatro linhagens F<sub>5</sub> (L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>) e quatro linhagens F<sub>6</sub> (L<sub>5</sub>-L<sub>8</sub>), e as cultivares comerciais Vanda e Vera (Sakada Seed Sudamerica).

As linhagens avaliadas foram provindas dos cruzamentos iniciais entre a linhagem JAB 4-13-7 (genitor masculino, possuidor do gene DM-18) com as cultivares comerciais: Argelis (A) - possuidora do fator de resistência R-38, Vanda (V), Veneranda (Vn) e Solaris (S) (genitores femininos). Estas linhagens apresentam resistência às raças de *Bremia lactucae* que ocorreram no estado

de São Paulo (CASTOLDI et al., 2014). De acordo com Castoldi et al. (2014), elas foram avançadas por meio do método genealógico, selecionadas entre e dentro de famílias, até alcançarem estabilidade fenotípica, verificada na geração  $F_5$  para progênies provindas do cruzamento entre V X JAB 4-13-7, Vn X JAB 4-13-7, S X JAB 4-13-7, e na geração  $F_6$  para as progênies provindas do cruzamento A X JAB 4-13-7. O padrão de seleção das progênies foi baseado na presença de folhas de coloração verde-clara e com alta crespicidade, tamanho grande de planta, ausência de brotações laterais e tolerância ao pendoamento precoce e queima dos bordos (TOBAR-TOSSE, 2015).

As características agronômicas avaliadas, quando as plantas atingiram o ponto da colheita, ou seja, 45 dias após o transplântio, foram: produção total em  $g\ planta^{-1}$  (PT), obtida pela média da massa fresca da parte aérea de seis plantas (sem a retirada das folhas velhas); produção comercial em  $g\ planta^{-1}$  (PC), obtida pela média da massa fresca da parte aérea de seis plantas após a realização da retirada das folhas velhas e do caule sobressalente; número de folhas por planta (NF), ou seja, contagem do número de folhas considerando as folhas que atingiram comprimento acima de 3,0 cm; volume de plantas ( $cm^3\ planta^{-1}$ ) (VOL), calculado a partir do diâmetro maior ( $D_1$ ) e diâmetro menor ( $D_2$ ) da cabeça e altura (h) de seis plantas por parcela, utilizando a fórmula da metade do volume de uma elipsoide de diâmetros  $D_1$  e  $D_2$  e altura h, ou seja:  $V = 4/3 \pi (D_1/2)(D_2/2) h$ ; comprimento do caule em cm (CC), obtido por meio de uma régua graduada.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com grupo de seis experimentos e quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por dez genótipos (oito linhagens e as cultivares comerciais Vanda e Vera) e seis ambientes (Monte Alto, São Simão, Aramina, Mogi-das-Cruzes, Biritiba-Mirim e Salesópolis). Cada parcela foi composta de 28 plantas, distribuídas em quatro linhas de 1,75 m de comprimento, espaçadas de 0,25 m, procedendo à avaliação de seis plantas centrais. Os tratos culturais foram conduzidos segundo as necessidades da cultura e o manejo de cada olericultor.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística de variância por ambiente, na qual as fontes de variação foram consideradas aleatórias. Para isso,

utilizou-se o programa estatístico computacional Genes (CRUZ, 2013). O modelo adotado para a análise conjunta foi:

$$Y_{ijk} = m + g_i + a_j + b/a_{jk} + ga_{ij} + e_{ijk}$$

Em que  $Y_{ijk}$  é o valor fenotípico médio da parcela;  $m$  é a média;  $g_i$  é o efeito fixo do  $i$ -ésimo genótipo;  $b/a_{jk}$  é o efeito da repetição  $k$  no ambiente  $j$ ;  $a_j$  é o efeito aleatório do ambiente  $j$ ;  $ga_{ij}$  é o efeito da interação do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $e_{ijk}$  é o erro experimental.

Os índices de seleção foram construídos seguindo Mulamba e Mock (1978), Elston (1963) e Schwarzback (1972) *apud* Wricke e Weber, (1986). O índice de soma de classificação (MULAMBA; MOCK, 1978) foi dado pela expressão:

$$I_{MMi} = \sum_{j=1}^m n_{ij}$$

Em que  $I_{MMi}$  é o índice de Mulamba e Mock (1978), e  $n_{ij}$  é o número de classificação do genótipo  $i$  com relação ao caráter  $j$ .

O índice de Elston (1963), também conhecido como índice multiplicativo, foi dado pela expressão:

$$I_E = \log \prod_{j=1}^m (x_{ij} - k_j) = \log [(x_{i1} - k_1)(x_{i2} - k_2) \dots (x_{in} - k_n)],$$

Em que  $I_E$  denota o índice multiplicativo,  $x_{ij}$  é a média do caráter  $j$ , mensurada no genótipo  $i$ , e  $k_j$  é o menor valor selecionável  $k_j = \frac{n(\min.x_{ij}) - \max.x_{ij}}{n-1}$ ; na qual  $n$  é o número de genótipos, e  $\min.x_{ij}$  e  $\max.x_{ij}$  são, respectivamente, a menor e a maior média do caráter  $j$ .

No índice, com base na distância genótipo-ideótipo (SCHWARZBACK, 1972 *apud* WRICKE; WEBER, 1986), empregou-se a distância euclidiana, dada pela expressão:

$$D_{iI} = \sqrt{\sum_{i=1}^m d_{ij}^2}$$

Em que  $D_{ij}$  é a distância euclidiana entre o genótipo  $i$  e o ideótipo  $l$ , e  $d_{ij}$  é o desvio padronizado entre a média do caráter  $j$ , mensurada no genótipo  $i$  ( $x_{ij}$ ), e o valor atribuído ao ideótipo nesse caráter ( $x_{lj}$ ), ou seja,  $d_{ij} = (x_{ij} - x_{lj})/\sigma_l$ . Essa padronização é feita visando que todos os caracteres, em unidades maiores ou menores, exerçam a mesma influência sobre o valor do índice.

Para a construção do índice de Elston, o valor de  $k_j$  foi sempre a menor média observada entre os genótipos, enquanto que, para o índice distância genótipo-ideótipo, o valor considerado ótimo do ideótipo foi a maior média observada entre os genótipos.

Os índices de seleção empregados para prever os ganhos genéticos foram o de Mulamba e Mock ( $I_{MMi}$ ) (1978), Elston ( $I_E$ ) (1963) e Schwarzback ( $D_{ij}$ ) (1972) *apud* Wricke e Weber (1986), sendo estimados os ganhos para todos os caracteres avaliados.

O ganho esperado pela seleção direta no  $i$ -ésimo caráter foi estimado por:

$$GS_i = (X_{si} - X_{oi})h_i^2 = DS_i h_i^2 \text{ e } GS_i(\%) = \frac{GS_i}{X_{oi}} \times 100$$

Em que  $X_{si}$  é a média dos indivíduos selecionados para o caráter  $i$ ;  $X_{oi}$  é média original da população;  $DS_i$  é o diferencial de seleção praticado na população; e  $h_i^2$  é a herdabilidade para o caráter  $i$ .

Com o intuito de comparar a classificação das linhagens pelos índices de Mulamba e Mock (1978), Elston (1963) e Schwarzback (1972) foi obtida a correlação de Spearman entre eles.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito significativo dos genótipos, ambientes e interação genótipo x ambiente (GXA) para todos os caracteres avaliados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Quadro da análise de variância conjunta de seis experimentos em blocos ao acaso com dez genótipos de alface-crespa, conduzidos em seis ambientes, no outono-inverno de 2014.

FV	GL	Quadrado Médio				
		PT	PC	NF	VOL	CC
<b>Bloco/ambiente</b>	18	8102,57	5994,67	5,50	79301734,96	0,75
<b>Genótipo (G)</b>	9	25850,03**	20096,27**	114,21**	341670068,37**	11,74**
<b>Ambiente (A)</b>	5	486894,78**	423561,97**	360,46**	1778274902,69**	26,73**
<b>G X A</b>	45	4605,83**	3705,96**	6,17*	29966030,15**	0,89**
<b>Erro</b>	162	2589,83	2055,57	4,10	14569571,94	0,28
<b>Média</b>		381,55	347,52	25,98	25546,68	4,53
<b>CV</b>		13,34	13,05	7,79	14,94	11,76
<b>QMr+/QMr-</b>		9,29	8,01	7,48	13,28	9,85

PT: produção total (g/planta); PC: produção comercial (g/planta); NF: número de folhas; VOL: volume de planta (cm<sup>3</sup>/planta); CC: comprimento do caule (cm). \*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns – não significativo pelo teste F. QMr+/QMr- = Razão entre o maior e menor QMr, respectivamente, entre os ambientes para o caráter em questão.

Para o ambiente Monte Alto (Tabela 2), os índices de Mulamba e Mock (1978) selecionaram as linhagens L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>7</sub>; o índice de Elston (1963), por sua vez, indicou as linhagens L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub> e pelo índice de Schwarzback as linhagens selecionadas foram L<sub>4</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>. Pode-se observar que as linhagens L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub> foram indicadas pelos índices I<sub>MM</sub> e I<sub>E</sub>. Essas linhagens apresentaram excelentes desempenhos para os caracteres PT, PC e VOL, segundo os critérios adotados em cada índice de seleção, como menor ranque no I<sub>MM</sub>, menor distância do genótipo ao ideótipo no D<sub>i</sub> e maior valor de I<sub>E</sub>; a linhagem L<sub>4</sub>, indicada pelos índices I<sub>E</sub> e D<sub>i</sub>, também apresentou superioridade para os caracteres PT, PC e VOL. Estes caracteres são relevantes para a cultura da alface, visto que o mercado consumidor desta folhosa exige plantas volumosas com folhas de boa aparência, sendo, portanto, as linhagens L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub> as mais indicadas para o cultivo na localidade de Monte Alto.

**Tabela 2.** Índices de Mulamba e Mock ( $I_{MM}$ ), Elston ( $I_E$ ) e Schwarzback ( $D_i$ ) aplicado aos caracteres PT: produção total (g/planta); PC: produção comercial (g/planta); NF: número de folhas; VOL: volume de planta ( $cm^3/planta$ ) e CC: comprimento do caule (cm) para dez genótipos de alface-crespa, em seis ambientes, no outono-inverno de 2014.

Genótipos	Monte Alto-SP							
	PT	PC	NF	VOL	CC	$I_{MM}$	$I_E$	$D_i$
L <sub>1</sub>	466,1 (8)	422 (8)	27 (9)	33340,9 (5)	5,0 (6)	36	7,95	5,00
L <sub>2</sub>	625,8 (1)	560,8 (1)	28,4 (6)	40221,2 (2)	5,7 (9)	<b>19</b>	<b>9,90</b>	3,55
L <sub>3</sub>	573,9 (3)	515 (3)	30 (5)	43231,5 (1)	5,7 (8)	<b>20</b>	<b>9,83</b>	3,50
L <sub>4</sub>	578,5 (2)	522,3 (2)	28,3 (7)	36302,6 (3)	5,2 (7)	21	<b>9,48</b>	<b>3,39</b>
L <sub>5</sub>	417,9 (10)	398 (10)	27,3 (8)	21011,9 (10)	2,9 (1)	39	0,00	5,96
L <sub>6</sub>	537,5 (5)	493 (5)	32,5 (1)	29543,0 (8)	4,9 (5)	24	9,22	3,64
L <sub>7</sub>	542,5 (4)	498,5 (4)	32 (2)	31135,8 (6)	4,7 (4)	<b>20</b>	9,26	<b>3,29</b>
L <sub>8</sub>	524,4 (7)	492,5 (6)	32 (3)	30094,5 (7)	4,4 (3)	31	9,04	<b>3,36</b>
'Vanda'	533,3 (6)	471,3 (7)	30 (4)	35561,7 (4)	5,9 (10)	31	9,35	4,32
'Vera'	438,75 (9)	404,5 (9)	24 (10)	29122,6 (9)	4,3 (2)	39	0,00	5,85
K <sub>j</sub>	417,9	398,0	24,0	21011,9	2,9			
Ideótipo	625,8	560,8	32,5	43231,5	2,9			
Genótipos	São Simão-SP							
	PT	PC	NF	VOL	CC	$I_{MM}$	$I_E$	$D_i$
L <sub>1</sub>	480,2 (7)	443,3 (8)	25,0 (8)	34569,8 (3)	4,9 (6)	32	8,09	4,19
L <sub>2</sub>	538,9 (1)	496,0 (1)	26,5 (5)	38742,8 (2)	5,5 (10)	<b>19</b>	<b>9,20</b>	4,22
L <sub>3</sub>	526,5 (2)	489,0 (2)	25,5 (7)	40870,9 (1)	5,1 (9)	<b>21</b>	8,87	3,79
L <sub>4</sub>	495,4 (5)	456,5 (5)	26,8 (4)	34377,5 (4)	4,6 (3)	<b>21</b>	8,53	<b>3,27</b>
L <sub>5</sub>	463,1 (8)	443,5 (7)	26,3 (6)	24147,6 (10)	3,6 (1)	32	0,00	4,43
L <sub>6</sub>	489,4 (6)	454,3 (6)	28,3 (3)	33930,0 (5)	4,9 (7)	27	8,78	3,45
L <sub>7</sub>	510,0 (4)	473,8 (3)	31,8 (1)	33716,5 (6)	4,6 (4)	<b>18</b>	<b>9,07</b>	<b>2,53</b>
L <sub>8</sub>	516,5 (3)	462,0 (4)	30,8 (2)	31499,3 (7)	4,8 (5)	<b>21</b>	<b>8,95</b>	<b>3,14</b>
'Vanda'	385,85 (10)	348,0 (10)	24,8 (9)	30788,5 (8)	5,1 (8)	45	0,00	6,32
'Vera'	412,7 (9)	384,5 (9)	24,0 (10)	27210,3 (9)	4,3 (2)	39	0,00	5,57
K <sub>j</sub>	385,65	348,0	24,0	24147,6	3,6			
Ideótipo	538,9	496,0	31,8	40870,9	3,6			

Valores em negrito indicam os genótipos selecionados pelo índice no ambiente.

Tabela 2. Continuação...

Genótipos	Salesópolis-SP							
	PT	PC	NF	VOL	CC	$I_{MM}$	$I_E$	$D_i$
L <sub>1</sub>	239,9 (7)	214,8 (8)	21,0 (6)	18598,3 (2)	3,5 (7)	30	5,67	4,09
L <sub>2</sub>	239,2 (8)	211,8 (9)	20,3 (8)	17797,7 (6)	3,5 (8)	39	4,82	4,44
L <sub>3</sub>	262,9 (4)	236,3 (4)	21,0 (5)	18972,1 (1)	3,8 (10)	24	7,25	2,93
L <sub>4</sub>	252,1 (5)	228,5 (6)	20,5 (7)	17615,33 (8)	3,3 (6)	32	6,50	3,82
L <sub>5</sub>	247,53 (6)	233,3 (5)	22,0 (4)	14420,4 (10)	2,2 (1)	26	0,00	5,71
L <sub>6</sub>	303,9 (1)	281,3 (1)	22,5 (3)	18164,5 (3)	3,2 (4)	<b>12</b>	<b>7,94</b>	<b>1,63</b>
L <sub>7</sub>	278,1 (3)	258,5 (3)	23,8 (1)	17958,6 (5)	2,9 (2)	<b>14</b>	<b>7,50</b>	<b>2,50</b>
L <sub>8</sub>	292,3 (2)	268,5 (2)	22,5 (2)	17687,9 (7)	3,1 (3)	<b>16</b>	<b>7,67</b>	<b>2,06</b>
'Vanda'	236,1 (9)	210,8 (10)	19,8 (9)	18085,5 (4)	3,7 (9)	41	0,00	4,60
'Vera'	233,2 (10)	215,8 (7)	17,8 (10)	15557,6 (9)	3,3 (5)	41	0,00	5,87
K <sub>j</sub>	233,2	210,8	17,8	14420,4	2,2			
Ideótipo	303,9	281,3	23,8	18972,1	3,8			
Genótipos	Biritiba Mirim-SP							
	PT	PC	NF	VOL	CC	$I_{MM}$	$I_E$	$D_i$
L <sub>1</sub>	393,13 (4)	349,5 (5)	24,8 (6)	25756,2 (3)	4,7 (9)	27	<b>8,96</b>	3,65
L <sub>2</sub>	374,6 (6)	334,3 (6)	24,0 (7)	23566,2 (6)	4,9 (10)	35	8,69	4,40
L <sub>3</sub>	366,5 (7)	329,3 (7)	23,5 (9)	24827,9 (4)	4,6 (8)	35	8,54	4,15
L <sub>4</sub>	364,6 (8)	327,0 (8)	25,0 (5)	22109,6 (7)	4,4 (6)	34	8,46	3,82
L <sub>5</sub>	377,7 (5)	354,5 (4)	25,3 (4)	17416,3 (9)	3,2 (1)	23	0,00	3,20
L <sub>6</sub>	448,6 (1)	417,0 (1)	26,5 (2)	26752,1 (1)	4,5 (7)	<b>12</b>	<b>9,46</b>	<b>2,54</b>
L <sub>7</sub>	416,3 (2)	380,0 (2)	27,5 (1)	26260,5 (2)	4,0 (4)	<b>11</b>	<b>9,09</b>	<b>1,85</b>
L <sub>8</sub>	414,6 (3)	373,5 (3)	25,8 (3)	23726,7 (5)	3,9 (3)	<b>17</b>	8,79	<b>2,08</b>
'Vanda'	312,9 (9)	285,0 (9)	23,5 (8)	19278,4 (8)	4,4 (5)	39	7,34	5,26
'Vera'	277,2 (10)	254,0 (10)	19,8 (10)	14840,4 (10)	3,7 (2)	42	0,00	6,85
K <sub>j</sub>	277,2	254,0	19,8	14840,4	3,2			
Ideótipo	448,6	417,0	27,5	26752,1	3,2			

Valores de índices em negrito indicam os genótipos selecionados pelo índice no ambiente.

Tabela 2. Continuação...

Genótipos	Mogi das Cruzes-SP							
	PT	PC	NF	VOL	CC	<i>I<sub>MM</sub></i>	<i>I<sub>E</sub></i>	<i>D<sub>i</sub></i>
L <sub>1</sub>	413,4 (3)	364,3 (4)	25,0 (6)	31715,3 (1)	5,3 (10)	24	<b>8,78</b>	4,39
L <sub>2</sub>	372,9 (8)	334,3 (8)	24,0 (8)	28185,5 (6)	4,7 (7)	37	7,78	4,80
L <sub>3</sub>	407,5 (4)	368,3 (3)	23,3 (9)	31034,8 (3)	4,8 (8)	27	8,42	4,18
L <sub>4</sub>	402,3 (5)	360,5 (5)	26,0 (3)	29513,3 (4)	4,5 (6)	<b>23</b>	8,52	<b>3,46</b>
L <sub>5</sub>	351,9 (9)	331,8 (9)	25,0 (5)	19418,0 (10)	2,9 (1)	34	0,00	5,06
L <sub>6</sub>	383,5 (7)	355,0 (6)	26,0 (4)	28026,9 (7)	4,2 (3)	27	8,18	3,56
L <sub>7</sub>	440,2 (1)	401,8 (1)	30,3 (1)	31413,2 (2)	4,3 (4)	<b>9</b>	<b>9,22</b>	<b>2,10</b>
L <sub>8</sub>	428,5 (2)	396,5 (2)	28,5 (2)	28581,2 (5)	3,9 (2)	<b>13</b>	<b>8,80</b>	<b>1,86</b>
'Vanda'	392,3 (6)	345,0 (7)	24,8 (7)	26679,2 (8)	5,0 (9)	37	8,17	4,65
'Vera'	331,5 (10)	305,3 (10)	20,8 (10)	21589,4 (9)	4,3 (5)	44	0,00	6,69
K <sub>j</sub>	331,47	305,3	20,8	19418,0	2,9			
Ideótipo	440,2	401,8	30,3	31715,3	2,9			

Genótipos	Aramina-SP							
	PT	PC	NF	VOL	CC	<i>I<sub>MM</sub></i>	<i>I<sub>E</sub></i>	<i>D<sub>i</sub></i>
L <sub>1</sub>	289,6 (4)	258,5 (3)	29,0 (5)	24140,6 (2)	7,1 (9)	23	<b>9,09</b>	3,18
L <sub>2</sub>	292,1 (3)	250,5 (4)	30,8 (3)	23961,9 (3)	6,9 (8)	<b>21</b>	<b>9,13</b>	<b>2,86</b>
L <sub>3</sub>	297,1 (2)	261,8 (2)	28,3 (6)	29473,0 (1)	7,8 (10)	<b>21</b>	<b>9,35</b>	3,84
L <sub>4</sub>	243,8 (6)	218,3 (6)	27,5 (8)	20556,8 (4)	5,3 (5)	29	7,70	3,65
L <sub>5</sub>	212,1 (10)	197,5 (9)	27,8 (7)	13655,5 (10)	3,3 (1)	37	0,00	4,68
L <sub>6</sub>	227,3 (8)	198,0 (8)	27,3 (9)	14500,0 (9)	4,3 (2)	36	5,38	4,50
L <sub>7</sub>	261,1 (5)	235,8 (5)	31,3 (2)	18578,2 (6)	4,7 (3)	<b>21</b>	8,08	<b>2,48</b>
L <sub>8</sub>	305,0 (1)	278,3 (1)	33,3 (1)	18631,7 (5)	5,2 (4)	<b>12</b>	8,89	<b>1,76</b>
'Vanda'	237,6 (7)	204,8 (7)	30,0 (4)	17552,9 (7)	6,7 (7)	32	7,43	4,25
'Vera'	215,2 (9)	193,8 (10)	22,8 (10)	16782,1 (8)	5,7 (6)	43	0,00	5,69
K <sub>j</sub>	212,1	193,8	22,8	13655,5	3,3			
Ideótipo	305,0	278,3	33,3	24140,6	3,3			

Valores de índices em negrito indicam os genótipos selecionados pelo índice no ambiente

As demais linhagens e as cultivares comerciais Vanda e Vera não apresentaram desempenho agrônômico satisfatório quando observados os valores dos índices de seleção destas comparados às selecionadas, o que não justifica, portanto, o plantio delas na região de Monte Alto.

Os ganhos diretos (Tabela 3), para a localidade de Monte Alto, com base na intensidade de seleção adotada de 30%, foram maiores para o caráter VOL, com aumento de 14,98 e 16,17% do caráter pelos índices  $I_{MM}$  e  $I_E$ , respectivamente, conferindo, também, maiores ganhos totais em relação a todos os caracteres pelos mesmos índices. O índice  $D_i$  não revelou ganhos satisfatórios quando comparados aos demais índices de  $I_{MM}$  e  $I_E$ , principalmente para os caracteres PT e VOL.

Diferentemente dos resultados apresentados no presente trabalho, Rosado et al. (2012), trabalhando com seleção simultânea por índices de seleção em progênies de maracujazeiro-azedo, verificaram que a utilização do índice de Elston não foi capaz de proporcionar distribuição de ganhos condizentes com os propósitos do trabalho. Ou seja, a partir dos resultados, pôde-se inferir que os ganhos pelo índice estão sujeitos à variação de acordo com a grandeza de mensuração dos caracteres avaliados; porém, os mesmos autores encontraram que o índice baseado na soma de 'ranques' de Mulamba e Mock se revelou o mais adequado, pois promoveu distribuição de ganhos equilibrada, corroborando, assim, com os resultados obtidos no presente trabalho.

Na localidade de São Simão (Tabela 2), pode-se observar que os índices não indicaram as mesmas linhagens como as melhores para o plantio. O índice de Mulamba e Mock ( $I_{MM}$ ) identificou cinco linhagens,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$ ,  $L_7$  e  $L_8$ . Já o índice de Elston ( $I_E$ ) indicou as linhagens  $L_2$ ,  $L_7$  e  $L_8$ , havendo concordância dos dois índices na recomendação das linhagens  $L_2$ ,  $L_7$  e  $L_8$ . O índice de Schwarzback ( $D_i$ ) indicou para plantio nas condições de São Simão as linhagens  $L_4$ ,  $L_7$  e  $L_8$ , também concordando com o índice  $I_{MM}$ .

O maior ganho direto (Tabela 3) foi obtido para o caráter NF (9,17%), pelo  $D_i$ , porém os maiores valores de ganho total foram para o índice  $I_E$  (28,43%) e  $I_{MM}$  (25,30%). O índice  $I_E$  se apresentou como maior percentagem de ganhos para o caráter NF de 8,84% e o índice de  $I_{MM}$ , para o caráter VOL de 7,75%.

**Tabela 3.** Estimativas de ganhos genéticos em porcentagem, pelos índices de seleção de Mulamba e Mock ( $I_{MM}$ ), Elston ( $I_E$ ) e Schwarzback ( $D_i$ ) aplicado aos caracteres PT: produção total (g/planta); PC: produção comercial (g/planta); NF: número de folhas; VOL: volume de planta (cm<sup>3</sup>/planta) e CC: comprimento do caule (cm) para dez genótipos de alface-crespa, em seis ambientes, no outono-inverno de 2014, com base na seleção em cada local.

ÍNDICES	Monte Alto-SP						São Simão-SP					
	PT	PC	NF	VOL	CC	TOTAL	PT	PC	NF	VOL	CC	TOTAL
$I_{MM}$	10,13	9,09	3,16	14,98	9,49	46,85	5,28	4,88	4,23	7,75	3,16	25,30
$I_E$	8,34	6,85	-0,61	16,17	11,71	42,46	5,93	5,17	8,84	4,52	3,97	28,43
$D_i$	2,98	3,32	3,95	-1,03	-1,82	7,40	3,78	3,05	9,17	0,58	-1,29	15,29
Salesópolis-SP							Biritiba Mirim-SP					
$I_{MM}$	9,07	10,96	7,33	1,66	-4,46	24,56	12,93	13,51	7,75	13,12	-2,13	45,18
$I_E$	9,07	10,96	7,33	1,66	-4,46	24,56	11,14	11,34	6,48	15,96	3,74	48,66
$D_i$	9,07	10,96	7,33	1,66	-4,46	24,56	12,93	13,51	7,75	13,12	-2,13	45,18
Mogi das Cruzes-SP							Aramina-SP					
$I_{MM}$	6,05	6,06	10,50	6,51	-3,42	25,70	2,34	2,55	5,53	11,41	7,18	29,01
$I_E$	6,77	6,31	9,29	8,66	2,40	33,43	2,66	2,58	1,46	24,08	25,00	54,32
$D_i$	6,05	6,06	10,50	6,51	-3,42	25,70	2,13	2,38	7,82	2,41	-1,60	13,14

Terres et al. (2015), trabalhando com estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata, verificaram que o uso de índices resultou em maiores estimativas de ganhos de seleção, sendo o proposto por Mulamba e Mock (1978) um dos melhores índices encontrados para serem utilizados em programas de melhoramento da batata, concordando, assim, com os resultados encontrados no presente trabalho. Semelhantemente, Teixeira et al. (2012), trabalhando com índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em açaizeiro, também verificaram que o índice de Mulamba e Mock foi mais eficiente para estimar ganhos nos componentes de produção.

Em Salesópolis (Tabela 2), os índices coincidiram quanto à recomendação dos melhores genótipos, sendo selecionadas as linhagens L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>. Observa-se que as linhagens selecionadas tiveram resultados superiores no conjunto de caracteres, principalmente para PT, PC e NF, quando comparados aos das cultivares comerciais testadas, revelando boa aptidão daquelas mesmas em ensaios de desempenho agrônomico. Os ganhos de seleção (Tabela 3) foram maiores para

PC (10,96%) e redução de -4,46% para CC, entendendo dessa forma que, para as condições de plantio na referida localidade, as linhagens selecionadas tenderão a se sobressair para o caráter produção comercial. Os ganhos totais para os três índices foram menores quando comparados, por exemplo, com os obtidos na localidade de Biritiba Mirim.

Em Biritiba Mirim (Tabela 2), os índices  $I_{MM}$  e  $D_i$  foram coincidentes na recomendação dos genótipos, sendo indicado para o plantio as linhagens  $L_6$ ,  $L_7$  e  $L_8$ . Já o índice  $I_E$  indicou a linhagem  $L_1$  e também foi concordante com os demais índices em indicar as linhagens  $L_6$  e  $L_7$ . Os maiores ganhos (Tabela 3) foram obtidos para PC (13,51%) e VOL (13,12%), pelos índices  $I_{MM}$  e  $D_i$ . Os maiores ganhos diretos totais foram observados pelo índice  $I_E$  (48,66%), o qual apresentou para o caráter VOL o maior ganho de 15,96%. No entanto, pelos índices  $I_{MM}$  e  $D_i$ , pôde-se obter ganhos superiores para os caracteres PT, PC e NF e redução de -2,13% para o caráter CC.

Em Mogi das Cruzes (Tabela 2), houve coincidência na indicação dos melhores genótipos pelos índices  $I_{MM}$  e  $D_i$ , sendo selecionadas as linhagens  $L_4$ ,  $L_7$  e  $L_8$ . Pelo índice  $I_E$  foram indicadas as linhagens  $L_1$ ,  $L_7$  e  $L_8$ . Os ganhos diretos totais (Tabela 3) para todos os caracteres foram superiores no índice  $I_E$  (33,43%), principalmente para o caracteres NF e VOL. Porém, o caráter que apresentou o maior ganho foi o NF (10,50%), pelos índices de  $I_{MM}$  e  $D_i$ .

Observa-se que as cidades que estão localizadas no Cinturão Verde de São Paulo (Salesópolis, Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes) apresentaram semelhanças na indicação das melhores linhagens para o plantio, sendo a  $L_7$  e  $L_8$  indicadas pelos índices de seleção em estudo para o plantio no inverno. Essa semelhança na indicação das linhagens é devida à similaridade de condições de clima e solo presentes nessa região do estado, favorecendo com que as linhagens se comportem de maneira semelhante nas áreas de produção localizadas nessa região.

Para as condições de cultivo de Aramina (Tabela 2), o índice  $I_{MM}$  indicou como melhores genótipos para o plantio as linhagens  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_7$  e  $L_8$ . Já o índice  $I_E$  recomendou as linhagens  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , e, o índice  $D_i$  indicou a  $L_2$ ,  $L_7$  e  $L_8$ . Os ganhos diretos totais (Tabela 3) foram maiores por meio do índice  $I_E$  (54,32%); o índice  $I_{MM}$ ,

por sua vez, possibilitou ganho direto total de 29,01% e o  $D_i$  apresentou os piores ganhos totais.

Para verificar a relação existente entre os índices utilizados na análise de cada ambiente, realizou-se a estimação da correlação de Spearman entre os mesmos, e foram observadas correlações significativas entre os índices. Em Monte Alto, as correlações observadas foram:  $I_{MM}$  e  $I_E$  (0,902\*\*),  $I_{MM}$  e  $D_i$  (0,734\*) e entre  $I_E$  e  $D_i$  (0,549<sup>n.s</sup>); em São Simão foram  $I_{MM}$  e  $I_E$  (0,898\*\*),  $I_{MM}$  e  $D_i$  (0,802\*\*) e entre  $I_E$  e  $D_i$  (0,631<sup>n.s</sup>); em Salesópolis  $I_{MM}$  e  $I_E$  (0,874\*\*),  $I_{MM}$  e  $D_i$  (0,842\*\*) e entre  $I_E$  e  $D_i$  (0,982\*\*); em Biritiba Mirim  $I_{MM}$  e  $I_E$  (0,730\*),  $I_{MM}$  e  $D_i$  (0,980\*\*) e entre  $I_E$  e  $D_i$  (0,676\*); em Mogi das Cruzes  $I_{MM}$  e  $I_E$  (0,938\*\*),  $I_{MM}$  e  $D_i$  (0,910\*\*) e entre  $I_E$  e  $D_i$  (0,893\*\*); em Aramina  $I_{MM}$  e  $I_E$  (0,884\*\*),  $I_{MM}$  e  $D_i$  (0,931\*\*) e entre  $I_E$  e  $D_i$  (0,702\*). Como é possível notar, todas as correlações entre os índices  $I_{MM}$  e  $I_E$  e entre  $I_{MM}$  e  $D_i$  foram significativas, enquanto que as observadas entre os índices  $I_E$  e  $D_i$ , para os locais Monte Alto e São Simão, foram as mais fracas não significativas dentre todas, podendo, assim, inferir que, o índice de seleção  $I_{MM}$  pode ser o melhor a ser utilizado na seleção de linhagens avançadas de alface por estar correlacionado com os demais índices estudados e por ser mais fácil de ser aplicado.

Lessa et al. (2010), trabalhando com seleção de híbridos diplóides de bananeira com base em índices não paramétricos, verificaram, também, forte correlação entre o índice de Elston e o de Mulamba e Mock, que foi de 0,83, sendo a maior correlação observada. As correlações entre o de Elston e o de Schwarzback, e entre o Mulamba e Mock e o de Schwarzback foram de 0,76 e 0,63, respectivamente, corroborando dessa forma com os resultados obtidos no presente estudo.

#### 4 CONCLUSÕES

- a) O índice de Mulamba e Mock possibilitou bons ganhos diretos para os caracteres avaliados e, por estar fortemente correlacionado com os demais índices em estudo e pela facilidade de sua construção, recomenda-se a sua utilização para seleção de genótipos de alface-crespa em fase de recomendação de cultivares.
  
- b) As linhagens L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub> apresentam bom potencial produtivo, enfatizando, assim, a possibilidade de lançamento de novas cultivares de alface-crespa para as condições climáticas de outono-inverno de São Paulo.

## REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2016: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativo, 2016. p. 307.

BRAZ, L. T.; DALPIAN, T.; CAMARGO, M.; PISSARDI, M. A. Identification of races of *Bremia lactucae* in São Paulo, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 760, p. 317-321, 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.760.43> >.

CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. DE O.; DALPIAN, T.; MELO, D. M.; BOTELHO, A.P.; BRAZ, L. T. Identification of new *Bremia lactucae* races in lettuce in São Paulo State. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 209-213, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000200005> >.

CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. DE O.; MELO, D. M.; CANDIDO, W. S.; VARGAS, P. F.; DALPIAN, T.; BRAZ, L. T. Obtaining resistant lettuce progenies to downy mildew. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 69-73, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000100011> >.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251> >.

ELSTON, R. C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, v. 19, n. 1, p. 85-97, 1963. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2307/2527573> >.

GALATTI, F. S.; CASTOLDI, R.; BRAZ, L. T.; PANIZZI, R. C. Monitoramento de raças de *Bremia lactucae* em 2010 e 2011 no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 4, p. 271-279, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052012000400001> >.

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices não paramétricos para seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 253-267, 1999. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051999000200005> >.

IEA (Instituto de Economia Agrícola). Área e produção dos principais produtos da agropecuária. [São Paulo], 2014. Banco de dados: estatísticas da produção paulista. Disponível em: <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)>. Acesso em:

12 out 2015.

LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; SANTOS, V. S.; SILVA, S. O.; PEIXOTO, C. P. Seleção de híbridos diploides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 525-534, 2010. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300003> >.

MARINHO, C. D.; GRAVINA, G. A.; SEBASTIÃO, L. C. A.; ALMEIDA, N. C.; DAHER, R. F.; BRASILEIRO, B. P.; PAULA, T. O. M.; AMARAL JÚNIOR A. T. Indexes in the comparison of pré-commercial genotypes of common bean. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 7, p. 1159-1165, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20121155> >.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

NEVES, L. G.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; VIANA, A. P.; BARELLI, M. A. A. Predição de ganhos, com diferentes índices de seleção, para características de frutos do maracujazeiro – amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 33, n. 4, p. 1322-1330, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000400033> >.

NICK, C.; LAURINDO, B. S.; ALMEIDA, V. S.; FREITAS, R. D.; AGUILERA, J. G.; SILVA, E. C. F.; CRUZ, C. D.; SILVA, D. J. H. Seleção simultânea para qualidade do fruto e resistência à requeima em progênies de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 59-65, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000100008> >.

NUNES, R. C.; CASTOLDI, R.; GOMES, R. F.; TOBAR-TOSSE, D. E.; BRAZ, L. T. Levantamento de raças do agente causador do míldio da alface no Estado de São Paulo em 2012 e 2013. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 1, p. 53-58, 2016. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/2057> >.

OLIVEIRA, E. J.; SANTOS, V. S.; LIMA, D. S.; MACHADO, M. D.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N.; CASTELLEN, M. S. Seleção em progênies de maracujazeiro-amarelo com base em índices multivariados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1543-1549, 2008. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100013> >.

ROSADO, L. D. S.; SANTOS, C. E. M.; BRUCKNER, C. H.; NUNES, E. S.; CRUZ, C. D. Simulations selection in progenies of yellow passion fruit using selection indices. **Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 95-101, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100014> >.

SCHWARZBACH, E. **Einige Anwendungsmöglichkeiten elektronischer Datenverarbeitung (EDV) für die Beurteilung von Zuchtmaterial**. Arb. Tag. Öesterr. Pflanzengesellschaft Gumpenstein, p. 277-287, 1972.

SOUZA, J. O.; DALPIAN, T.; BRAZ, L. T.; CAMARGO, M. Novas raças de *Bremia lactucae*, agente causador do míldio da alface, identificadas no Estado de São Paulo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 282-286, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000300004> >.

TEIXEIRA, D. H. L.; OLIVEIRA, M. S. P.; GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A. R. Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em açaizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 237-243, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200012> >.

TERRES, L. R.; LENZ, E.; CASTRO, C. M.; PEREIRA, A. S. Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 305-310, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000300005> >.

TOBAR-TOSSE, D. E. **Linhagens de alface crespa resistentes a *Bremia lactucae* e interação genótipo x ambiente**. 2015. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.

VITTORAZZI, C.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; CANDIDO, L. S.; SILVA, T. R. C. Seleção de pré-cultivares de milho-pipoca baseado em índices não paramétricos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 356-362, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000200019> >.

WRICKE, G.; WEBER, E.W. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Berlin: Walter de Gruyter. 1986.

### CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM LINHAGENS DE ALFACE-CRESPA VIA REML/BLUP

**RESUMO** - Programas de melhoramento genético estão constantemente avaliando genótipos de plantas em diferentes ambientes e épocas para verificar o comportamento diferencial destes em resposta às diversas variações ambientais. Para tanto, a seleção deve ser bem conduzida, tendo que ser baseada em modelos estatísticos acurados, para que o melhorista tenha eficiência em seu programa. O método dos modelos mistos (Máxima verossimilhança restrita - REML/ Melhor preditor linear não viesado - BLUP) tem sido uma poderosa metodologia para estimar valores genotípicos, dando maior segurança na seleção das linhagens promissoras para registro de cultivares. Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo estimar a estabilidade e adaptabilidade genotípica de linhagens/cultivares de alface-crespa resistentes a *Bremia lactucae* em diferentes sistemas de cultivo e épocas em Jaboticabal-SP. Foram avaliados dez genótipos de alface, sete sistemas de cultivo e duas épocas no ano de 2015, sendo as linhagens desenvolvidas pelo programa de melhoramento de alface da UNESP/FCAV. O experimento foi conduzido no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais da UNESP/FCAV. Avaliaram-se caracteres de produção das plantas, sendo os dados submetidos ao programa Selegen-REML/BLUP para verificar a significância dos efeitos de genótipos e suas interações com ambientes e épocas por meio da análise de deviance. Para a avaliação da estabilidade e adaptabilidade genotípica, empregaram-se os métodos da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) e da performance relativa dos valores genotípicos (PRVG), respectivamente. Para estimar simultaneamente a estabilidade, adaptabilidade e produtividade, utilizou-se o método da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG). Para o inverno, considerando o conjunto de ambientes de cultivo, as linhagens selecionadas foram L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>, tendo apresentado destaque principalmente para os caracteres PC e PT. Para o verão, as linhagens selecionadas no conjunto de ambientes foram L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>. Considerando a análise conjunta das duas épocas para o conjunto dos caracteres, foram selecionadas as linhagens L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>, as quais se mostraram promissoras para recomendação de plantio. As linhagens selecionadas para todas as épocas apresentaram bons rendimentos, sendo superiores às cultivares comerciais avaliadas.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*, modelos mistos, MHPRVG, sistemas de cultivos

### CHAPTER 3 - STABILITY AND ADAPTABILITY IN BREEDING LINES OF CRISPY ENDIVE LETTUCE USING REML/BLUP

**ABSTRACT** – genetic breeding programs are constantly evaluating plant genotypes in different environments and seasons to assess their behavior in response to various environmental changes. To that end, efficient breeding programs require careful selection based on accurate statistical models. Linear mixed models (Restricted maximum likelihood - REML/ best linear unbiased prediction – BLUP) have proved to be powerful techniques in estimating genotypic values, ensuring optimal selection of promising breeding lines for cultivar registration. As such, the present study aimed to estimate the stability and adaptability of breeding lines/cultivars of crispy endive lettuce resistant to *Bremia lactucae* in different cultivation systems and seasons, in Jaboticabal, São Paulo state (SP). Ten genotypes, seven cultivation systems and two seasons were studied, in 2015, with breeding lines developed by the lettuce breeding program of UNESP/FCAV. The experiment was conducted in the Department of Vegetable Crops and Aromatic Medicinal Plants at UNESP/FCAV. Plant yield traits were evaluated, with data entered into the Selegen-REML/BLUP program to determine the significance of genotype effects and their interaction with environments and seasons by analysis of deviance. Genotype stability and adaptability were analyzed using the harmonic mean of genotypic values (HMGV) and relative performance of genotypic values (RPGV), respectively. The harmonic mean of the relative performance of genotypic values (HMRPGV) was used to simultaneously estimate stability, adaptability and yield. Considering the set of growing environments, the lines selected for winter were L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> and L<sub>8</sub>, which exhibited the results for commercial yield (CY) and total yield (TY). For summer, the lines selected for the set of environments were L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub> and L<sub>8</sub>. Considering the combined analysis of the two seasons for the set of traits, lines L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> and L<sub>8</sub> were selected as promising and recommended for planting. The breeding lines selected for all the seasons exhibited good yield, with superior results obtained for the commercial cultivars assessed.

**Keywords:** *Lactuca sativa*, mixed models, HMRPGV, cultivation systems

## 1 INTRODUÇÃO

A alface é uma das hortaliças folhosas mais importantes, sendo consumida *in natura* em forma de saladas, apresenta como característica geral a alta exigência de mão-de-obra durante todo seu ciclo produtivo, porém com possibilidade de obtenção de bons retornos econômicos, em curto prazo e em pequenas áreas.

No Brasil, esta hortaliça é cultivada durante todo o ano, todavia é no verão que o produtor consegue melhores preços de venda, quando o cultivo nas áreas de produção é dificultado pela maior incidência de doenças foliares, o que ocasiona grandes perdas de produção. No inverno, também é realizado o cultivo em grande escala, com alta produção, porém, nesta época, nota-se menor rentabilidade ao produtor, se comparada ao verão, devido aos menores preços de comercialização (AGRIANUAL, 2016).

O cultivo é realizado em diferentes sistemas, sendo os mais frequentes aqueles que priorizam a cobertura do solo, pois diminuem a evaporação da água disponível para as plantas (BRAGAGNOLO e MIELNICZUK, 1990), reduzem a incidência de plantas invasoras e evitam o contato direto das folhas da planta com o solo (CARVALHO et al., 2005). Tais sistemas utilizam de coberturas dos canteiros com plásticos ou cobertura vegetal com a utilização de plantas mortas.

Andrade Júnior et al. (2005), avaliando o emprego de diferentes tipos de cobertura de canteiro (plástico preto, capim braquiária seco, casca de arroz, casca de café e solo nu), para o cultivo da alface, concluíram que a cobertura com casca de café foi a que proporcionou os melhores resultados, superando os demais tipos de cobertura para todas as características avaliadas.

Silva et al. (2013), avaliando a produção de alface sob diferentes sistemas de cultivo (plantio direto sob milho – *Pennisetum americanum* e amendoim forrageiro – *Arachis pinto*; palhada de grama esmeralda – *Zoysia japônica* e plantio convencional sem cobertura), observaram que o cultivo com cobertura viva de amendoim forrageiro proporcionou melhor conforto térmico para a cultura da alface.

Para verificar o desempenho de genótipos nos diferentes sistemas de cultivo, é importante, durante o melhoramento, quantificar da interação genótipos x ambientes, pois, no caso de sua existência, há possibilidade do melhor genótipo em

um ambiente não ser em outro. Esse fato influencia o ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade. Pela importância dessa interação, cabe ao melhorista avaliar sua magnitude e significância, quantificar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento e estratégias de difusão de tecnologia e fornecer subsídios que possibilitem adotar procedimentos para sua minimização e, ou, seu aproveitamento (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Os diferentes ambientes de cultivo da alface alteram o desempenho produtivo de linhagens/cultivares em diferentes épocas de plantio, sendo necessário estabelecer o melhor sistema para o cultivo das plantas.

Atualmente, na literatura, podem-se encontrar diversas metodologias para quantificar a estabilidade e adaptabilidade de linhagens/cultivares. Os modelos mistos, também conhecida por máxima verossimilhança restrita – REML utilizada para obtenção dos componentes de variância e o procedimento de obtenção do melhor preditor linear não viesado - BLUP (MRODE, 2005), tem sido realizada para prever os valores genéticos e componentes de variância. A média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), preconizado por Resende (2004), é um método que fornece, simultaneamente, a adaptabilidade, a estabilidade e a produtividade numa mesma medida e na mesma escala do caráter avaliado.

Costa et al. (2015) avaliaram a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de morango em diferentes locais e anos, sob túnel baixo, via modelos mistos. Encontraram, nos resultados, significância para efeitos de genótipos e interação tripla, genótipos x locais x anos, o que evidenciou a presença de variabilidade genética entre as cultivares e inconsistência da posição entre os genótipos para as combinações de anos e locais.

Pimenta et al. (2016) avaliaram a adaptabilidade e estabilidade de híbridos de pimentão nos sistemas de cultivo convencional e orgânico por meio dos modelos mistos REML/BLUP, permitindo selecionar híbridos com efeito genotípico predito acima da média para as variáveis avaliadas.

Desse modo, com o presente trabalho, objetivou-se avaliar a estabilidade e adaptabilidade genotípica de linhagens avançadas de alface sob diferentes ambientes de cultivo e épocas, visando dar suporte para o progresso do programa de melhoramento da cultura da UNESP / FCAV.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e condições experimentais

Os experimentos foram instalados no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP-FCAV) – Câmpus de Jaboticabal, cujas coordenadas geográficas são: latitude 21°15'22" S, longitude 48°18'58" W e altitude de 595 metros.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de grupos de experimentos, sendo os tratamentos constituídos por dez genótipos de alface (oito linhagens e duas cultivares comerciais - 'Vanda' e 'Vera'), sete ambientes de cultivo, e duas épocas, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 1,5 m de comprimento, espaçadas de 25 x 25 cm, em arranjo triangular, totalizando 24 plantas, dentre as quais foram utilizadas para avaliação seis plantas centrais.

As linhagens avaliadas foram providas dos cruzamentos iniciais entre a linhagem JAB 4-13-7 (genitor masculino, possuidor do gene DM 18) com as cultivares comerciais: Argelis (A) - possuidora do fator de resistência R 38, Vanda (V), Veneranda (Vn) e Solaris (S) (genitores femininos). Essas linhagens apresentam resistência às raças de *Bremia lactucae* que ocorreram no estado de São Paulo (CASTOLDI et al., 2014). De acordo com Castoldi et al. (2014), essas linhagens foram avançadas por meio do método genealógico, selecionadas entre e dentro de famílias, até alcançarem estabilidade fenotípica, verificada na geração F<sub>5</sub> para progênies providas do cruzamento entre V X JAB 4-13-7, Vn X JAB 4-13-7, S X JAB 4-13-7, e na geração F<sub>6</sub> para as progênies providas do cruzamento A X JAB 4-13-7. O padrão de seleção das progênies foi baseado na presença de folhas de coloração verde-clara e de alta crespicidade, tamanho grande de planta, ausência de brotações laterais e tolerância ao pendoamento precoce e queima dos bordos (TOBAR-TOSSE, 2015).

As linhagens de alface-crespa foram nomeadas de L<sub>1</sub> até L<sub>8</sub> (Tabela 1). As linhagens L<sub>1</sub> a L<sub>4</sub> em geração F<sub>5</sub> são possuidoras do gene de resistência DM 18, e as linhagens L<sub>5</sub> a L<sub>8</sub> apresentam o gene DM 18 e o fator de resistência R 38.

Tabela 1 Linhagens de alface-crespa possuidoras do gene DM 18 e fator de resistência R 38 a *Bremia lactucae*.

Identificação	Geração	Origem
L <sub>1</sub>	F <sub>5</sub>	V X JAB 4-13-7
L <sub>2</sub>	F <sub>5</sub>	V X JAB 4-13-7
L <sub>3</sub>	F <sub>5</sub>	Vn X JAB 4-13-7
L <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	S X JAB 4-13-7
L <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	A X JAB 4-13-7
L <sub>6</sub>	F <sub>6</sub>	A X JAB 4-13-7
L <sub>7</sub>	F <sub>6</sub>	A X JAB 4-13-7
L <sub>8</sub>	F <sub>6</sub>	A X JAB 4-13-7

Linhagens obtidas pelo método genealógico providas dos cruzamentos entre as cultivares comerciais Vanda (V), Veneranda (Vn), Solaris (S) e Argelis (A) - fator de resistência R 38 (genitores femininos) com a linhagem JAB 4-13-7 - gene de resistência DM 18 (genitor masculino).

As épocas de cultivo consistiram de verão (jan-março) e inverno (jun-agosto) de 2015. As características climáticas do local do experimento nas épocas de avaliação podem ser observadas na Tabela 2.

Os sete ambientes de cultivo estudados foram: campo aberto sem cobertura, cobertura morta com palhada de milho (*Pennisetum americanum* L.), túnel baixo com cobertura de tela de sombreamento 50%, cobertura com filme de *mulching* branco, cobertura de *mulching* preto, cobertura com manta de agrotêxtil branco durante 15 dias e cobertura com manta de agrotêxtil no ciclo total. Para o ambiente de cultivo com palhada ou milho, inicialmente, semeou-se o milho em todo o canteiro 45 dias antes do transplante das mudas de alface, sendo estas posteriormente dessecados com o herbicida glifosate, ao apresentarem aproximadamente 80 cm de altura e possuírem massa verde suficiente para cobertura do canteiro. Para o sistema de túnel baixo, a tela de sombreamento foi suspensa sobre arcos de ferro galvanizado a uma altura de, aproximadamente, 1,5 m de altura e 1,20 m de base. No ambiente com manta de agrotêxtil (“tecido não tecido”), a manta foi colocada sobre um fio de arame esticado e fixado por estacas ao longo de todo o canteiro (Figura 1).

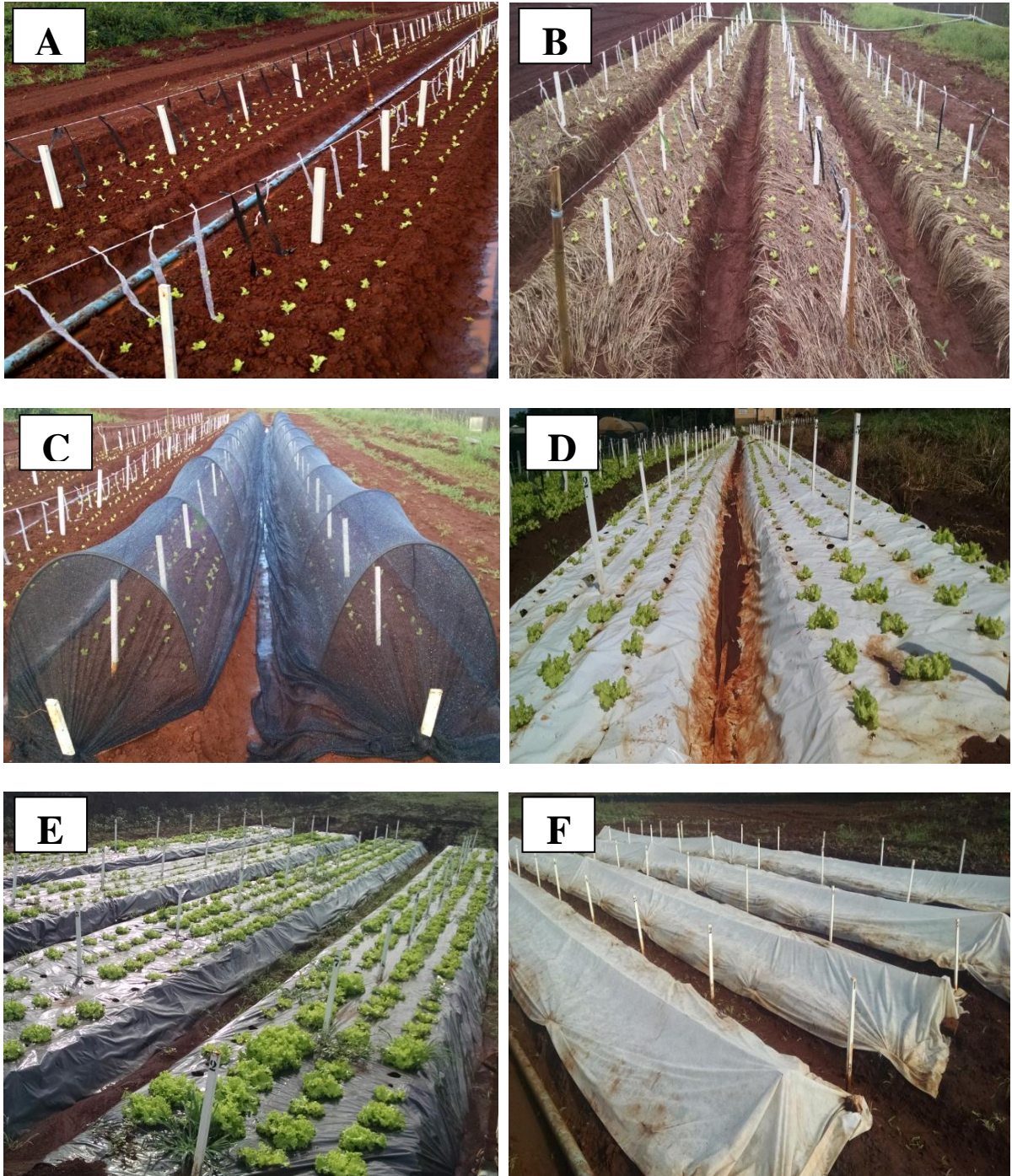


Figura 1 Seis ambientes de cultivo dos 10 genótipos de alface: A) campo aberto sem cobertura; B) cobertura morta com palhada de milho (*Pennisetum americanum* L.); C) túnel baixo com cobertura de tela de sombreamento 50%; D) cobertura com filme *mulching* branco; E) cobertura com filme *mulching* preto; F) cobertura com manta de agrotêxtil branco. Jaboticabal-SP.

As mudas foram obtidas por meio de bandejas plásticas de 288 células, que continham como substrato uma mistura de substrato comercial Bioplant<sup>®</sup> e vermiculita. Após 30 dias da semeadura, ao apresentarem duas folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para os canteiros, anteriormente preparados e adubados.

O solo amostrado da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH em CaCl<sub>2</sub> - 5,1; matéria orgânica - 17 g dm<sup>-3</sup>; P disponível - 130 mg dm<sup>-3</sup>; K disponível - 4,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> - disponível - 25 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> disponível - 10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup> Al disponível - 31 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB - 39,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, T - 70,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V - 56%. As correções dos teores de nutrientes foram realizadas segundo Boletim 200 (AGUIAR et al., 2014).

O preparo do solo consistiu em uma gradagem para destorroamento do solo, seguido do levantamento de canteiros, os quais foram construídos com 1,20 m de largura, 30 cm de altura e 15 m de comprimento. As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas de acordo com a análise de solo e recomendação de adubações para a cultura da alface, segundo Boletim 200 (AGUIAR et al., 2014). A irrigação foi realizada duas vezes ao dia por meio do sistema de aspersão, sendo os aspersores espaçados em 3 m.

O controle de pragas foi feito de acordo com as recomendações convencionais, com aplicação de inseticidas conforme as necessidades da cultura. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente com enxadas nas parcelas e entre canteiros.

Tabela 2 Características climáticas de Jaboticabal-SP nos meses de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade, de dez genótipos de *Lactuca sativa* em sete ambientes de cultivos e duas épocas.

Épocas	Meses	Temperatura do ar (°C)			Chuva (mm)
		Mín. média	Máx.média	Média	
1º Época	Janeiro	20	30	25	254,9
	Fevereiro	20	31	25,5	213,8
	Março	19	31	25	152,8
	<b>Média</b>	<b>19,7</b>	<b>30,7</b>	<b>25,2</b>	<b>207,2</b>
2º Época	Junho	13	27	20	26,6
	Julho	13	27	20	27,1
	Agosto	14	29	21,5	24,8
	<b>Média</b>	<b>13,3</b>	<b>27,7</b>	<b>20,5</b>	<b>26,2</b>

Fonte: [http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima\\_muni\\_279.html](http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima_muni_279.html)

As avaliações foram realizadas aproximadamente aos 35 dias após o transplante no verão e, aproximadamente, 45 dias após o transplante no inverno. Avaliaram-se os seguintes caracteres: volume de plantas (cm<sup>3</sup>/planta) (VOL), calculado a partir do diâmetro e da altura das plantas, pela fórmula da metade do volume de uma elipsoide de diâmetros D<sub>1</sub> - diâmetro maior e D<sub>2</sub> - diâmetro menor da cabeça e da altura (A), de seis plantas, ou seja:  $V = 4/3 \pi (D_1/2)(D_2/2)A$ ; número de folhas por planta (NF), realizada pela contagem do número de folhas, considerando-se as folhas que atingiram comprimento igual e superior a 3,0 cm; produção comercial (g/planta) (PC), obtida pela média da massa fresca da parte aérea de seis plantas, após a realização da retirada das folhas velhas e do caule sobressalente; produção total (g/planta) (PT), obtida pela média da massa fresca da parte aérea de seis plantas (sem a retirada das folhas velhas e caule); comprimento do caule (cm) (CC), mensurado por meio de uma régua graduada.

A seleção dos genótipos superiores foi realizada com o uso do índice multivariado de Mulamba e Mock (1978), também conhecido por índice de soma de classificação ou soma de ranques. O índice se baseia no critério de classificação dos genótipos em relação a cada um dos caracteres avaliados. A partir desta classificação, são somados os valores de cada característica para os genótipos,

resultando em um valor geral considerado como o índice de seleção. Adotou-se o critério de seleção de 30% e foram selecionados os genótipos de menores índices para cada ambiente de cultivo e para o conjunto de ambientes. Considerou-se o mesmo peso para todos os caracteres.

## 2.2 Modelo estatístico e análises

A avaliação da adaptabilidade e da estabilidade foi realizada a partir do uso do programa SELEGEN, por meio da metodologia REML/BLUP, considerando os seguintes modelos estatísticos para avaliação genética pelos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos (RESENDE, 2007):

**MODELO 51:** o modelo utilizado considera o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 10 x 7, e indica a avaliação dos dez genótipos de alface, em sete ambientes de cultivo para cada época separadamente.

$$\text{Modelo: } Y = Xr + Zg + Wp + Ti + e;$$

Em que  $Y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios),  $i$  o vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

**MODELO 114:** Esse modelo é equivalente ao utilizado tradicionalmente para a análise envolvendo a avaliação de genótipos em vários locais e anos de plantio, dado por  $Y_{ijkn} = \mu + g_i + b_{j/k/n} + a_k + l_n + ga_{ik} + gl_{in} + al_{kn} + gal_{ikn} + gbal_{ij/k/n}$ , em que  $\mu$  é o efeito da média geral,  $g_i$  é o efeito do genótipo  $i$ ,  $b_{j/k/n}$  é o efeito do bloco  $j$  dentro da época  $k$  dentro do ambiente  $n$ ,  $l_n$  é o efeito do ambiente  $n$ ,  $a_k$  é o efeito da época de plantio  $k$ ,  $gl_{in}$  é o efeito da interação genótipos x ambiente,  $ga_{ik}$  é o efeito da interação genótipos x épocas de plantio,  $al_{kn}$  é o efeito da interação ambientes x

épocas de plantio,  $gal_{ikn}$  é o efeito da interação genótipos x épocas x ambientes, e  $g_{bal_{ij/k/n}}$  é o erro ou resíduo aleatório.

$$\text{Modelo matricial: } Y = Xb + Zg + Qga + Tgl + Wgla + e;$$

Em que  $Y$  é o vetor de dados,  $f$  é o vetor dos efeitos das combinações bloco-ambiente-época (assumidos como fixos) somados à média geral,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $ga$  é vetor dos efeitos da interação de genótipos com épocas (aleatórios),  $gl$  é o vetor dos efeitos da interação genótipos x ambientes,  $gla$  é o vetor dos efeitos da interação tripla genótipos x ambientes x épocas (assumidos como aleatórios) e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

### 2.3 Estimativas da significância dos efeitos dos modelos

A significância dos efeitos do modelo foi estimada pela análise de deviance, conforme Resende (2007). As deviances foram obtidas por meio de análises com e sem os efeitos de genótipos ( $g$ ), genótipos x ambientes ( $gl$ ), genótipos x épocas ( $ga$ ) e genótipos x ambientes x épocas ( $gla$ ) no modelo 114 e os com e sem os efeitos de  $g$  e  $ga$  no modelo 51. Em seguida, subtraiu-se da deviance do modelo completo, obteve-se a LRT (teste da razão de verossimilhança), confrontando em seguida com o valor do qui-quadrado com um grau de liberdade, a 1% e 5% de probabilidade.

### 2.4 Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos

A estimação dos parâmetros genéticos foi obtida segundo Resende (2002; 2007) *apud* Santos (2009), como descritos abaixo:

$$h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{gl}^2 + \sigma_{ga}^2 + \sigma_{gla}^2 + \sigma_e^2} : \text{Herdabilidade dos efeitos de genótipos;}$$

$$c_{ga}^2 = \frac{\sigma_{ga}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{gl}^2 + \sigma_{ga}^2 + \sigma_{gla}^2 + \sigma_e^2}: \text{Coeficiente de determinação dos efeitos da ga;}$$

$$c_{gl}^2 = \frac{\sigma_{gl}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ga}^2 + \sigma_{gl}^2 + \sigma_{gla}^2 + \sigma_e^2}: \text{Coeficiente de determinação dos efeitos da gl;}$$

$$c_{gla}^2 = \frac{\sigma_{gla}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{gl}^2 + \sigma_{ga}^2 + \sigma_{gla}^2 + \sigma_e^2}: \text{Coeficiente de determinação dos efeitos da gla;}$$

## 2.5 Estimativas dos valores de MHVG, PRVG e MHPRVG

Os valores da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) para a avaliação da estabilidade, da performance relativa dos valores genotípicos (PRVG) para a adaptabilidade e da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) para a estabilidade, a adaptabilidade e a produtividade, simultaneamente, para todos os genótipos foram obtidos conforme Resende (2007) seguindo as expressões:

$$MHVG = \frac{l}{\sum_{i=1}^l \frac{1}{VG_j}}, \quad PRVG = \frac{1}{l} \left( \frac{\sum VG_j}{M_j} \right) \text{ e } MHPRVG = \frac{l}{\sum_{i=1}^l \frac{1}{PRVG_j}}$$

Em que l = número de locais; VG = valor genotípico; j = genótipos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Inverno (MODELO 51)

Segundo a análise conjunta de deviance (ANADEV) (Tabela 3), houve efeito significativo de genótipos e ambientes para todos os caracteres avaliados. A interação genótipo x ambiente foi significativa apenas para os caracteres NF e CC. Logo, os efeitos significativos observados revelam desempenhos diferentes entre os genótipos e ambientes avaliados.

Tabela 3. Análise de deviance (ANADEV), referentes à análise envolvendo dez genótipos de alface-crespa testadas em sete ambientes de cultivo no inverno para os caracteres volume – VOL, número de folhas – NF, produção comercial – PC, produção total – PT e comprimento do caule - CC em Jaboticabal, SP, 2015.

Efeitos	VOL	NF	PC	PT	CC
	Deviance	Deviance	Deviance	Deviance	Deviance
<b>Genótipos</b>	27996,66**	5010,72**	14609,46*	15008,97*	808,46**
<b>Ambientes</b>	28334,23**	5051,98**	14998,90**	15395,75**	887,33**
<b>Genótipo x Ambiente</b>	27951,28 <sup>ns</sup>	4981,01**	14607,03 <sup>ns</sup>	15008,11 <sup>ns</sup>	746,70*
<b>CV (%)</b>	15,28	6,77	16,95	16,43	11,75
<b>Média Geral</b>	21738,98	24,43	298,10	347,81	4,15

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de significância dos modelos mistos LRT; <sup>ns</sup> não significativo.

Resultados semelhantes foram observados por SILVA et al. (2013), em que os autores, ao estudarem a produção de alface sob diferentes sistemas de cultivo, não encontraram diferenças significativas para os caracteres de produção de alface, somente para o comprimento do caule.

Os BLUPs (valores genéticos), obtidos individualmente para cada ambiente de cultivo e para a análise conjunta, referentes aos caracteres médio de volume, número de folhas, produção comercial, produção total e comprimento do caule, avaliados nos diferentes genótipos estão apresentados na Tabela 4, com os devidos ordenamentos dos maiores valores genotípicos entre parênteses.

Para o ambiente de cultivo campo aberto, as linhagens L<sub>2</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub> apresentaram desempenhos genéticos superior no conjunto das características. Com destaque para os caracteres de produção comercial e produção total, que

receberam as melhores posições dos ranques, contribuindo para a seleção dos genótipos pelo índice multivariado. No ambiente de cultivo com palhada, as linhagens selecionadas foram as L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>, com destaque para os caracteres NF, PC e PT. A palhada de milho, utilizada como cobertura da superfície do solo, permite maior armazenamento de água disponível para as plantas, já que cria um ambiente favorável ao crescimento vegetal. Isso contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que a qualidade seja melhorada (ALVARENGA et al., 2001).

O cultivo em ambiente protegido com tela de sombreamento 50% permitiu selecionar as linhagens L<sub>1</sub>, L<sub>5</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>, pois estas apresentaram desempenhos agrônômicos favoráveis principalmente para os caracteres NF, PC e PT. A tela de sombreamento proporciona ambiente com temperaturas mais amenas devido ao parcial sombreamento que ocasiona, com isso, favorece bom desenvolvimento das plantas de alface. Bezerra Neto et al. (2005) afirmaram que o cultivo sob ambiente protegido com telas de sombreamento vem sendo cada vez mais utilizado, pois reduz a incidência direta dos raios solares nas plantas.

As linhagens L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub> foram selecionadas para o ambiente de cultivo com *mulching* branco e *mulching* preto, além da linhagem L<sub>7</sub>, que também foi selecionada para o ambiente *mulching* branco, de acordo com o emprego do índice multivariado Mulamba e Mock (1978). Todas as linhagens selecionadas foram superiores às cultivares comerciais 'Vanda' e 'Vera' para a maioria dos caracteres avaliados. Com isso, revela-se a superioridade das linhagens avaliadas e selecionadas, com potencial para registro no MAPA. As plantas desses dois ambientes de cultivo apresentaram folhas com melhores qualidades, devido não ter o contato direto com o solo, proporcionando plantas com o mínimo de descarte de folhas injuriadas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Blind e Silva Filho (2015) quando, ao estudarem o desempenho de cultivares de alface americana cultivadas com e sem *mulching* em período chuvoso da Amazônia, encontraram que todas as cultivares apresentaram melhor desempenho, sobre as características agrônômicas e sanidade de folhas exteriores, exceto para comprimento do caule, quando cultivadas em canteiros com *mulching*, evidenciando, assim, que esta prática

contribuiu para melhorar as características de produtividade e a qualidade das plantas.

Ferreira et al. (2014), estudando a produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistema de preparo e cobertura de solo, verificaram que a cobertura do solo com filme de polietileno dupla face preto/branco aumentou a massa fresca da parte aérea, a produtividade comercial e a classe comercial da alface, corroborando assim com os resultados obtidos no trabalho.

No ambiente protegido com manta de agrotêxtil – durante 15 dias, as linhagens selecionadas pelo índice multivariado foram L<sub>1</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>6</sub>. Já o ambiente protegido com manta de agrotêxtil – durante o ciclo total possibilitou selecionar as linhagens L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>6</sub>, enquanto que, para o conjunto de ambientes, as linhagens selecionadas foram L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>.

Barros Júnior et al. (2004), estudando o cultivo da alface em túneis baixos de agrotêxtil, para as características de altura e diâmetro de plantas, número de folhas por planta, massa seca da parte aérea e produtividade, verificaram que o túnel baixo de agrotêxtil branco com gramatura de 40 g m<sup>2</sup> promoveu maior altura, diâmetro e produtividade da alface, corroborando assim com os resultados obtidos no presente trabalho, pois também foram verificadas maiores alturas e melhor produção de plantas.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados sobre estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG), e estabilidade e adaptabilidade simultaneamente (MHPRVG), para os caracteres que apresentaram significância no modelo (número de folhas e comprimento do caule). A classificação das linhagens/cultivares pelos maiores valores está entre parênteses dentro de cada critério MHVG, PRVG\*MG e MHPRVG\*MG.

Valores de MHVG, apresentados na Tabela 5, são referentes à estabilidade genotípica dos genótipos pelo método da média harmônica dos valores genéticos dos caracteres (número de folhas e comprimento do caule). Como a MHVG penaliza a instabilidade, quando as linhagens e cultivares são avaliadas nos diferentes ambientes de cultivo, o resultado é que a nova média obtida é ajustada por essa penalização. Considerando que a adaptabilidade é a capacidade das linhagens e cultivares responderem de forma positiva ao estímulo do ambiente, o valor da

PRVG (Performance Relativa dos Valores Genéticos) indica a adaptabilidade dos valores genéticos, que capitaliza a capacidade da resposta de cada linhagem à melhoria do ambiente (REGITANO NETO et al., 2013).

O método da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) se baseia em valores preditos, via modelos mistos, e agrupa, em uma única estatística, a estabilidade, a adaptabilidade e o caractere avaliado (número de folhas e comprimento do caule), facilitando, de modo singular, a seleção de genótipos superiores. O método MHPRVG é similar ao método de Lin e Binns (1988), com a ressalva de que é realizado sobre os valores genotípicos e não fenotípicos (REGITANO NETO et al., 2013). O valor de  $MHPRVG \cdot MG$  fornece o valor genotípico médio das linhagens nos ambientes avaliados, valor já penalizado pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade.

Observou-se que as estimativas MHVG, PRVG e MHPRVG (Tabela 5) classificaram os genótipos de forma semelhante quando se utilizou cada um dos três parâmetros obtidos pelo procedimento de BLUP, tanto para o caráter NF ( $L_6$ ,  $L_7$  e  $L_8$ ) quanto para o caráter CC ( $L_5$ ,  $L_7$  e 'Vera'). Esse resultado demonstra que as linhagens selecionadas se sobressaíram por apresentar alta estabilidade e adaptabilidade para os caracteres avaliados.

Tabela 4. Índices de Mulamba e Mock aplicados aos valores genéticos dos caracteres VOL: volume de planta (cm<sup>3</sup>/planta); NF: número de folhas; PC: produção comercial (g/planta); PT: produção total (g/planta); e CC: comprimento do caule (cm) para dez genótipos de alface-crespa, em sete ambientes, no inverno, em Jaboticabal-SP, 2015.

Genótipos	Campo aberto						Genótipos	Palhada					
	VOL	NF	PC	PT	CC	Ranque		VOL	NF	PC	PT	CC	Ranque
L <sub>1</sub>	22140,28 (2)	23,39 (6)	245,36 (5)	283,92 (5)	4,14 (9)	27	L <sub>1</sub>	20702,22 (2)	22,91 (6)	320,65 (3)	362,46 (2)	3,99 (9)	22
L <sub>2</sub>	21959,87 (3)	23,91 (4)	249,95 (3)	291,32 (3)	4,16 (10)	<b>23</b>	L <sub>2</sub>	20089,29 (3)	22,28 (9)	298,14 (8)	333,65 (8)	3,79 (8)	36
L <sub>3</sub>	23582,32 (1)	22,22 (9)	246,14 (4)	286,80 (4)	4,12 (8)	26	L <sub>3</sub>	22756,92 (1)	23,09 (4)	321,49 (2)	367,03 (1)	4,06 (10)	<b>18</b>
L <sub>4</sub>	18974,18 (6)	23,00 (8)	232,98 (8)	271,88 (7)	3,29 (4)	33	L <sub>4</sub>	18862,88 (4)	22,75 (7)	311,89 (5)	357,43 (4)	3,46 (6)	26
L <sub>5</sub>	15379,84 (10)	23,39 (7)	240,25 (6)	270,01 (8)	2,34 (1)	32	L <sub>5</sub>	14621,63 (10)	22,61 (8)	310,84 (6)	339,79 (6)	2,28 (1)	31
L <sub>6</sub>	20146,75 (4)	25,09 (3)	266,37 (1)	307,89 (2)	3,42 (5)	<b>15</b>	L <sub>6</sub>	18726,20 (5)	24,40 (3)	321,74 (1)	359,31 (3)	3,31 (5)	<b>17</b>
L <sub>7</sub>	18798,94 (7)	26,41 (2)	237,95 (7)	275,79 (6)	3,18 (2)	24	L <sub>7</sub>	17460,62 (6)	25,39 (2)	299,23 (7)	336,79 (7)	3,17 (4)	26
L <sub>8</sub>	19742,81 (5)	26,78 (1)	264,23 (2)	309,70 (1)	3,43 (6)	<b>15</b>	L <sub>8</sub>	17437,44 (7)	25,40 (1)	314,57 (4)	351,39 (5)	3,06 (3)	<b>20</b>
‘Vanda’	17201,94 (8)	23,88 (5)	229,75 (9)	269,92 (9)	3,61 (7)	38	‘Vanda’	15960,91 (8)	22,91 (5)	290,73 (10)	330,43 (9)	3,50 (7)	39
‘Vera’	16172,52 (9)	20,89 (10)	225,07 (10)	260,94 (10)	3,22 (3)	42	‘Vera’	15005,07 (9)	20,04 (10)	290,91 (9)	325,48 (10)	3,06 (2)	40
<b>Tela de sombreamento (50%)</b>							<b>Mulching branco</b>						
L <sub>1</sub>	32691,29 (2)	17,38 (5)	237,79 (3)	269,10 (3)	4,26 (10)	<b>23</b>	L <sub>1</sub>	20842,00 (2)	26,87 (8)	408,12 (2)	476,10 (2)	5,38 (9)	23
L <sub>2</sub>	31470,99 (3)	16,66 (7)	222,46 (6)	250,55 (6)	4,09 (8)	30	L <sub>2</sub>	19785,39 (3)	27,59 (6)	402,47 (6)	469,03 (4)	5,26 (8)	27
L <sub>3</sub>	33837,85 (1)	16,17 (9)	224,71 (5)	254,41 (4)	4,19 (9)	28	L <sub>3</sub>	22422,89 (1)	26,88 (7)	412,73 (1)	484,93 (1)	5,46 (10)	<b>20</b>
L <sub>4</sub>	29463,28 (5)	16,79 (6)	217,32 (8)	244,93 (7)	3,39 (5)	31	L <sub>4</sub>	17945,25 (5)	26,54 (9)	379,56 (9)	442,07 (9)	4,47 (5)	37
L <sub>5</sub>	25752,12 (9)	18,34 (4)	233,07 (4)	254,16 (5)	2,47 (1)	<b>23</b>	L <sub>5</sub>	14419,89 (10)	28,40 (5)	407,59 (3)	464,14 (7)	3,48 (1)	26
L <sub>6</sub>	30903,71 (4)	19,35 (1)	251,72 (1)	283,53 (1)	3,68 (7)	<b>14</b>	L <sub>6</sub>	18257,55 (4)	29,99 (3)	406,21 (4)	470,68 (3)	4,51 (6)	<b>20</b>
L <sub>7</sub>	28029,25 (7)	19,25 (3)	217,49 (7)	244,80 (8)	3,06 (2)	27	L <sub>7</sub>	17569,39 (6)	31,81 (1)	401,80 (7)	468,86 (5)	4,36 (3)	<b>22</b>
L <sub>8</sub>	29190,29 (6)	19,33 (2)	240,03 (2)	270,04 (2)	3,37 (4)	<b>16</b>	L <sub>8</sub>	17242,35 (7)	30,00 (2)	403,39 (5)	465,09 (6)	4,33 (2)	<b>22</b>
‘Vanda’	26135,97 (8)	16,61 (8)	202,44 (10)	230,39 (10)	3,68 (6)	42	‘Vanda’	15763,80 (8)	28,43 (4)	384,70 (8)	454,78 (8)	4,83 (7)	35
‘Vera’	25722,35 (10)	14,28 (10)	206,29 (9)	231,99 (9)	3,34 (3)	41	‘Vera’	14930,82 (9)	24,02 (10)	377,70 (10)	437,96 (10)	4,36 (4)	43

Tabela 4. Continuação...

Genótipos	Mulching preto						Rankue	Genótipos	Agrotêxtil - 15 dias						Rankue
	VOL	NF	PC	PT	CC	VOL			NF	PC	PT	CC			
L <sub>1</sub>	20336,61 (2)	26,89 (8)	268,08 (6)	321,11 (6)	5,46 (9)	31	L <sub>1</sub>	27045,34 (2)	29,41 (5)	489,14 (3)	571,39 (3)	6,09 (9)	<b>22</b>		
L <sub>2</sub>	19935,39 (3)	27,79 (6)	273,64 (3)	331,53 (3)	5,42 (8)	23	L <sub>2</sub>	25789,21 (3)	28,53 (8)	453,56 (7)	526,75 (7)	5,86 (8)	33		
L <sub>3</sub>	22528,64 (1)	26,99 (7)	280,12 (2)	340,36 (2)	5,87 (10)	<b>22</b>	L <sub>3</sub>	29950,82 (1)	29,30 (6)	489,42 (2)	579,79 (1)	6,48 (10)	<b>20</b>		
L <sub>4</sub>	17623,84 (5)	26,01 (9)	250,88 (9)	302,15 (9)	4,55 (4)	36	L <sub>4</sub>	23588,63 (5)	26,66 (9)	435,80 (8)	507,38 (10)	5,12 (4)	36		
L <sub>5</sub>	14191,66 (10)	27,82 (5)	272,77 (4)	321,86 (5)	3,67 (1)	25	L <sub>5</sub>	19778,73 (10)	28,79 (7)	474,75 (4)	545,02 (4)	4,20 (1)	26		
L <sub>6</sub>	18331,77 (4)	28,73 (3)	286,40 (1)	344,44 (1)	4,74 (6)	<b>15</b>	L <sub>6</sub>	24402,06 (4)	30,82 (2)	495,04 (1)	578,36 (2)	5,51 (7)	<b>16</b>		
L <sub>7</sub>	17148,96 (6)	30,79 (1)	263,22 (7)	319,18 (7)	4,46 (2)	23	L <sub>7</sub>	22938,14 (7)	32,36 (1)	457,82 (5)	537,16 (5)	5,15 (5)	23		
L <sub>8</sub>	17086,17 (7)	29,94 (2)	271,91 (5)	327,41 (4)	4,52 (3)	<b>21</b>	L <sub>8</sub>	22954,44 (6)	29,66 (4)	454,66 (6)	530,02 (6)	5,02 (3)	25		
'Vanda'	15249,48 (8)	27,93 (4)	256,10 (8)	314,53 (8)	4,95 (7)	35	'Vanda'	21037,93 (8)	30,19 (3)	434,56 (10)	517,23 (8)	5,43 (6)	35		
'Vera'	14671,01 (9)	23,93 (10)	246,71 (10)	298,54 (10)	4,56 (5)	44	'Vera'	20215,31 (9)	25,05 (10)	439,60 (8)	515,66 (9)	4,99 (2)	38		
Agrotêxtil – ciclo total							Conjunta								
L <sub>1</sub>	28264,04 (2)	22,97 (5)	185,91 (2)	232,84 (3)	4,76 (9)	<b>21</b>	L <sub>1</sub>	24718,41 (2)	24,14 (7)	308,98 (3)	360,48 (3)	4,84 (9)	24		
L <sub>2</sub>	27646,93 (3)	23,28 (4)	183,65 (3)	233,76 (2)	4,69 (8)	<b>20</b>	L <sub>2</sub>	23954,88 (3)	24,18 (6)	298,81 (6)	349,00 (5)	4,73 (8)	28		
L <sub>3</sub>	29739,79 (1)	22,56 (6)	181,60 (4)	231,06 (4)	4,96 (10)	25	L <sub>3</sub>	26546,60 (1)	23,77 (8)	309,14 (2)	364,40 (2)	4,99 (10)	<b>23</b>		
L <sub>4</sub>	23706,65 (7)	19,89 (9)	152,09 (10)	190,12 (10)	3,58 (2)	38	L <sub>4</sub>	21595,98 (5)	22,98 (9)	284,05 (8)	331,77 (9)	3,96 (5)	36		
L <sub>5</sub>	21316,41 (10)	22,28 (8)	174,58 (6)	210,24 (7)	2,64 (1)	32	L <sub>5</sub>	18066,79 (10)	24,40 (5)	303,09 (5)	344,52 (6)	2,99 (1)	27		
L <sub>6</sub>	25985,34 (4)	23,73 (2)	195,83 (1)	246,31 (1)	3,95 (6)	<b>14</b>	L <sub>6</sub>	22537,22 (4)	25,90 (3)	318,73 (1)	370,99 (1)	4,14 (6)	<b>15</b>		
L <sub>7</sub>	24301,69 (5)	25,16 (1)	171,22 (7)	216,91 (6)	3,76 (4)	23	L <sub>7</sub>	21036,31 (7)	27,19 (1)	293,79 (7)	343,70 (7)	3,86 (2)	24		
L <sub>8</sub>	23953,54 (6)	23,44 (3)	175,08 (5)	219,83 (5)	3,63 (3)	22	L <sub>8</sub>	21230,60 (6)	26,25 (2)	304,52 (4)	354,27 (4)	3,89 (4)	<b>20</b>		
'Vanda'	21675,18 (9)	22,51 (7)	156,39 (9)	202,57 (9)	4,00 (7)	41	'Vanda'	19147,49 (8)	24,52 (4)	280,35 (9)	332,32 (8)	4,26 (7)	36		
'Vera'	22164,06 (8)	19,64 (10)	162,85 (8)	209,29 (8)	3,82 (5)	39	'Vera'	18555,49 (9)	21,01 (10)	279,56 (10)	326,61 (10)	3,88 (3)	42		

Valores em negrito indicam os genótipos selecionados pelo índice no ambiente.

Tabela 5. Média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), Performance relativa dos valores genotípicos (PRVG) e PRVG multiplicada pela média geral (MG), Média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) e MHPRVG multiplicada pela média geral (MG) para os caracteres número de folhas e comprimento do caule dos 10 genótipos de alface-crespa para estabilidade, adaptabilidade e estabilidade e adaptabilidade, respectivamente, no inverno, em Jaboticabal-SP, 2015.

Genótipos	Número de folhas				
	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
L <sub>1</sub>	23,66 (6)	0,99	24,17 (6)	0,99	24,16 (6)
L <sub>2</sub>	23,57 (7)	0,98	24,15 (7)	0,98	24,14 (7)
L <sub>3</sub>	23,11 (8)	0,97	23,72 (8)	0,97	23,69 (8)
L <sub>4</sub>	22,52 (9)	0,94	23,01 (9)	0,94	22,99 (9)
L <sub>5</sub>	23,95 (4)	1,00	24,44 (4)	0,99	24,43 (4)
L <sub>6</sub>	<b>25,43 (3)</b>	<b>1,06</b>	<b>25,95 (3)</b>	<b>1,06</b>	<b>25,94 (3)</b>
L <sub>7</sub>	<b>26,54 (1)</b>	<b>1,11</b>	<b>27,16 (1)</b>	<b>1,11</b>	<b>27,16 (1)</b>
L <sub>8</sub>	<b>25,78 (2)</b>	<b>1,08</b>	<b>26,31 (2)</b>	<b>1,08</b>	<b>26,28 (2)</b>
‘Vanda’	23,79 (5)	1,00	24,43 (5)	0,99	24,42 (5)
‘Vera’	20,46 (10)	0,86	20,99 (10)	0,86	20,98 (10)
Comprimento do caule					
L <sub>1</sub>	4,76 (2)	1,17	4,86 (2)	1,17	4,85 (2)
L <sub>2</sub>	4,64 (3)	1,14	4,74 (3)	1,14	4,74 (3)
L <sub>3</sub>	4,87 (1)	1,20	4,99 (1)	1,20	4,99 (1)
L <sub>4</sub>	3,88 (6)	0,96	3,97 (6)	0,95	3,96 (6)
L <sub>5</sub>	<b>2,86 (10)</b>	<b>0,71</b>	<b>2,97 (10)</b>	<b>0,71</b>	<b>2,95 (10)</b>
L <sub>6</sub>	4,04 (5)	0,99	4,14 (5)	0,99	4,13 (5)
L <sub>7</sub>	<b>3,75 (9)</b>	<b>0,93</b>	<b>3,85 (9)</b>	<b>0,93</b>	<b>3,84 (9)</b>
L <sub>8</sub>	3,80 (7)	0,94	3,89 (7)	0,94	3,89 (7)
‘Vanda’	4,17 (4)	1,03	4,27 (4)	1,03	4,27 (4)
‘Vera’	<b>3,79 (8)</b>	<b>0,93</b>	<b>3,88 (8)</b>	<b>0,93</b>	<b>3,88 (8)</b>

Valores em negrito indicam os genótipos selecionados para os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade

### 3.2 Verão (MODELO 51)

No verão, a análise conjunta de deviance (ANADEV) (Tabela 6) permitiu observar efeitos significativos de genótipos para todos os caracteres com exceção de NF; já para os efeitos de ambientes, todos os caracteres avaliados foram significativos. A interação genótipo x ambiente foi significativa apenas para os caracteres VOL, NF e CC. Logo, os efeitos significativos observados revelam desempenhos diferentes entre os genótipos e ambientes avaliados. Já quando os genótipos foram cultivados em ambientes diferentes, apenas o volume, número de folhas e o comprimento do caule responderam de forma diferenciada.

Tabela 6. Análise de deviance (ANADEV) referentes à análise envolvendo dez genótipos de alface-crespa testadas em sete ambientes de cultivo no verão para os caracteres volume – VOL, número de folhas – NF, produção comercial – PC, produção total – PT e comprimento do caule – CC, em Jaboticabal-SP, 2015.

Efeitos	VOL	NF	PC	PT	CC
	Deviance	Deviance	Deviance	Deviance	Deviance
<b>Genótipos</b>	27996,60*	6021,86 <sup>ns</sup>	13049,69**	13445,84**	1778,53**
<b>Ambientes</b>	28207,29**	6126,77**	13319,13**	13717,60**	1813,08**
<b>Genótipo x Ambiente</b>	27985,84*	6027,94**	13042,10 <sup>ns</sup>	13437,70 <sup>ns</sup>	1748,91**
<b>CV (%)</b>	16,74	20,83	17,27	17,32	13,84
<b>Média Geral</b>	16575,73	11,56	158,25	179,04	4,27

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de significância dos modelos mistos LRT; <sup>ns</sup> não significativo.

Diamante et al. (2013) estudaram a produção e resistência ao pendoamento de alface tipo lisa cultivada sob diferentes ambientes e verificaram que, em relação aos ambientes, os maiores comprimentos de caule foram observados nas telas de sombreamento 30 e 50% e termo-refletora 50% e as menores médias no cultivo em campo aberto e com tela termoreflatora 30%. Resultados estes similares aos apresentados por Luz et al. (2009), que também obtiveram, durante a colheita, maiores comprimentos de caule - nos ambientes com tela de sombreamento 30% e termoreflatora 40% -, e os menores no campo aberto. O maior comprimento de caule está relacionado ao estiolamento das plantas devido à baixa intensidade luminosa, como citado por Puiatti e Finger (2005).

Na Tabela 7 são apresentados os valores genotípicos obtidos individualmente para cada ambiente de cultivo e para a análise conjunta, referentes aos caracteres e

genótipos avaliados, com os devidos ordenamentos dos maiores valores genotípicos entre parênteses.

As linhagens L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub> foram selecionadas dentre os três melhores genótipos para serem plantados nos ambientes campo aberto, tela de sombreamento (50%), *mulching* preto e para o conjunto dos ambientes. Tais linhagens apresentaram bons desempenhos principalmente para os caracteres de PT e PC. No ambiente palhada, as linhagens selecionadas foram L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>. Para o ambiente *mulching* branco, foram selecionadas as linhagens L<sub>4</sub> e L<sub>6</sub>, além da cultivar Vanda. No ambiente agrotêxtil - 15 dias -, as linhagens selecionadas foram as L<sub>6</sub>, L<sub>8</sub> e a cultivar Vanda, enquanto que no ambiente agrotêxtil - ciclo total -, as linhagens L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub> e cultivar Vera foram selecionadas. No geral, as linhagens se sobressaíram às cultivares comerciais para o conjunto de caracteres avaliados, demonstrando serem promissoras para registro no MAPA.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados sobre a estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG), e estabilidade e adaptabilidade simultaneamente (MHPRVG), para os caracteres que apresentaram significância no modelo (volume, número de folhas e comprimento do caule). A classificação das linhagens/cultivares pelos maiores valores está entre parênteses dentro de cada critério MHVG, PRVG\*MG e MHPRVG\*MG.

Observou-se que as estimativas MHVG, PRVG e MHPRVG (Tabela 8) classificaram os genótipos de forma semelhante quando se utilizou cada um dos três parâmetros obtidos pelo procedimento de BLUP para os caracteres VOL, NF e CC. Isso demonstra que as linhagens selecionadas se sobressaíram por apresentar alta estabilidade e adaptabilidade para os caracteres avaliados. Quando confrontada esta classificação com a obtida a partir dos valores genotípicos, derivados da análise conjunta dos sete ambientes de cultivo (Tabela 8) para o caráter CC, observou-se que aqueles também foram classificados de forma semelhante. Já quando confrontada para os caracteres VOL e NF, as classificações divergiram apenas para um genótipo, sendo que para o caráter VOL, de acordo com a classificação conjunta, foram selecionadas as linhagens L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>6</sub>. Já para o caráter NF foram selecionadas as L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>. Para a classificação quanto aos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, para o caráter VOL, foram selecionadas as linhagens

L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>, enquanto que para o carácter NF as linhagens seleccionadas foram as L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>.

Tabela 7. Índices de Mulamba e Mock aplicados aos valores genéticos dos caracteres VOL: volume de planta (cm<sup>3</sup>/planta); NF: número de folhas; PC: produção comercial (g/planta); PT: produção total (g/planta); e CC: comprimento do caule (cm) para dez genótipos de alface-crespa, em sete ambientes, no verão, em Jaboticabal-SP, 2015.

Genótipos	Campo					Ranque	Genótipos	Palhada					Ranque
	VOL	NF	PC	PT	CC			VOL	NF	PC	PT	CC	
L <sub>1</sub>	18912,71 (6)	20,21 (8)	171,49 (10)	196,20 (9)	4,64 (8)	41	L <sub>1</sub>	20101,95 (6)	23,94 (8)	209,58 (10)	239,86 (10)	5,71 (8)	42
L <sub>2</sub>	19936,23 (2)	20,67 (7)	185,50 (8)	211,09 (8)	4,34 (6)	31	L <sub>2</sub>	20897,43 (2)	25,07 (6)	222,59 (7)	255,57 (7)	5,42 (6)	28
L <sub>3</sub>	20670,68 (1)	21,65 (5)	186,99 (7)	213,95 (7)	5,31 (10)	30	L <sub>3</sub>	20753,46 (3)	23,80 (9)	215,89 (9)	247,29 (8)	6,52 (10)	39
L <sub>4</sub>	19736,14 (3)	22,03 (3)	201,30 (3)	225,96 (3)	4,11 (5)	17	L <sub>4</sub>	20276,27 (5)	24,75 (7)	233,46 (4)	262,67 (4)	5,16 (4)	24
L <sub>5</sub>	15169,49 (10)	19,99 (9)	175,36 (9)	192,52 (10)	2,19 (1)	39	L <sub>5</sub>	16694,19 (10)	25,14 (5)	219,84 (8)	241,13 (9)	3,42 (1)	33
L <sub>6</sub>	19585,43 (4)	22,33 (1)	218,86 (1)	247,27 (1)	4,44 (7)	14	L <sub>6</sub>	20973,27 (1)	25,32 (4)	241,24 (1)	272,79 (1)	5,36 (5)	12
L <sub>7</sub>	19142,56 (5)	21,94 (4)	192,68 (6)	216,97 (6)	3,96 (3)	24	L <sub>7</sub>	20446,62 (4)	25,47 (2)	228,11 (6)	256,44 (6)	4,99 (3)	21
L <sub>8</sub>	18321,78 (8)	22,28 (2)	200,97 (4)	225,92 (4)	3,72 (2)	20	L <sub>8</sub>	19476,47 (8)	25,49 (1)	231,40 (5)	261,51 (5)	4,72 (2)	21
‘Vanda’	16645,27 (9)	20,73 (6)	196,17 (5)	221,93 (5)	3,99 (4)	29	‘Vanda’	19041,68 (9)	25,40 (3)	238,45 (2)	268,79 (2)	5,57 (7)	23
‘Vera’	18378,78 (7)	19,70 (10)	202,13 (2)	227,56 (2)	4,71 (9)	30	‘Vera’	19800,82 (7)	23,70 (10)	237,35 (3)	266,66 (3)	5,78 (9)	32
<b>Tela de sombreamento (50%)</b>							<b>Mulching branco</b>						
L <sub>1</sub>	25733,49 (1)	19,19 (6)	140,05 (9)	160,42 (8)	6,83 (9)	33	L <sub>1</sub>	13680,32 (5)	18,84 (9)	136,77 (9)	155,94 (9)	3,61 (9)	41
L <sub>2</sub>	25348,61 (3)	19,06 (7)	144,94 (7)	167,49 (6)	5,84 (8)	31	L <sub>2</sub>	13883,07 (3)	19,49 (6)	145,78 (7)	165,07 (7)	3,36 (6)	29
L <sub>3</sub>	25158,11 (4)	18,55 (8)	134,66 (10)	156,46 (10)	6,84 (10)	42	L <sub>3</sub>	13961,11 (2)	19,16 (8)	138,76 (8)	158,04 (8)	3,68 (10)	36
L <sub>4</sub>	24890,96 (6)	19,68 (5)	153,82 (3)	173,66 (3)	5,18 (3)	20	L <sub>4</sub>	14598,63 (1)	20,45 (3)	164,58 (4)	184,31 (4)	3,28 (4)	16
L <sub>5</sub>	21406,86 (10)	19,98 (4)	143,85 (8)	157,33 (9)	3,37 (1)	32	L <sub>5</sub>	10144,32 (10)	18,73 (10)	136,44 (10)	148,44 (10)	1,75 (1)	41
L <sub>6</sub>	25517,06 (2)	20,29 (2)	174,04 (1)	196,54 (1)	5,58 (7)	13	L <sub>6</sub>	13824,62 (4)	20,63 (1)	171,09 (2)	192,49 (1)	3,33 (5)	13
L <sub>7</sub>	24452,31 (7)	20,01 (3)	150,32 (4)	171,49 (4)	5,33 (5)	23	L <sub>7</sub>	12762,07 (8)	19,87 (4)	150,57 (6)	167,69 (6)	2,87 (3)	27
L <sub>8</sub>	24930,79 (5)	20,49 (1)	161,47 (2)	182,50 (2)	5,32 (4)	14	L <sub>8</sub>	12372,46 (9)	19,79 (5)	155,19 (5)	174,63 (5)	2,75 (2)	26
‘Vanda’	21581,71 (9)	18,31 (9)	148,16 (5)	168,64 (5)	4,71 (2)	30	‘Vanda’	13094,04 (6)	20,53 (2)	171,89 (1)	191,29 (2)	3,39 (7)	18
‘Vera’	22121,55 (8)	17,52 (10)	147,46 (6)	167,44 (7)	5,49 (6)	37	‘Vera’	12948,45 (7)	19,17 (7)	167,47 (3)	184,85 (3)	3,55 (8)	28

Tabela 7. Continuação...

Genótipos	Mulching preto					Rank	Genótipos	Agrotêxtil – 15 dias					Rank
	VOL	NF	PC	PT	CC			VOL	NF	PC	PT	CC	
L <sub>1</sub>	11434,75 (5)	18,67 (7)	97,89 (8)	111,77 (9)	3,15 (9)	38	L <sub>1</sub>	15517,78 (6)	22,58 (10)	171,83 (10)	197,08 (9)	4,12 (6)	41
L <sub>2</sub>	10773,96 (8)	16,61 (10)	96,66 (9)	112,01 (8)	2,60 (2)	37	L <sub>2</sub>	16909,92 (2)	24,49 (3)	194,02 (5)	222,11 (5)	4,45 (9)	24
L <sub>3</sub>	12224,26 (1)	18,62 (8)	101,11 (7)	115,99 (7)	3,48 (10)	33	L <sub>3</sub>	17208,84 (1)	23,76 (7)	185,79 (8)	213,39 (8)	5,04 (10)	34
L <sub>4</sub>	11941,76 (2)	20,23 (2)	120,51 (4)	134,32 (4)	2,67 (5)	<b>17</b>	L <sub>4</sub>	15739,08 (4)	23,89 (6)	190,79 (6)	215,51 (6)	3,66 (3)	25
L <sub>5</sub>	7950,48 (10)	17,67 (9)	95,69 (10)	103,10 (10)	1,09 (1)	40	L <sub>5</sub>	12120,34 (10)	22,78 (9)	178,34 (9)	196,89 (10)	2,32 (1)	39
L <sub>6</sub>	11491,01 (4)	19,46 (5)	122,13 (3)	137,85 (2)	2,81 (7)	<b>21</b>	L <sub>6</sub>	16471,01 (3)	24,22 (5)	205,55 (1)	233,39 (1)	4,01 (5)	<b>15</b>
L <sub>7</sub>	11059,73 (6)	19,76 (4)	113,15 (6)	126,41 (6)	2,62 (4)	26	L <sub>7</sub>	15126,71 (7)	24,34 (4)	189,36 (7)	213,97 (7)	3,71 (4)	29
L <sub>8</sub>	11589,77 (3)	21,28 (1)	127,17 (1)	141,66 (1)	2,79 (6)	<b>12</b>	L <sub>8</sub>	15532,43 (5)	24,81 (1)	198,97 (3)	224,60 (3)	3,59 (2)	<b>14</b>
‘Vanda’	9565,76 (9)	19,76 (3)	119,44 (5)	133,17 (5)	2,61 (3)	25	‘Vanda’	14288,03 (9)	24,68 (2)	200,16 (2)	227,07 (2)	4,33 (7)	<b>22</b>
‘Vera’	11011,89 (7)	19,46 (6)	124,18 (2)	136,98 (3)	2,91 (8)	26	‘Vera’	14888,27 (8)	23,17 (8)	198,07 (4)	222,87 (4)	4,41 (8)	32
Agrotêxtil – ciclo total							Conjunta						
L <sub>1</sub>	13870,29 (7)	16,75 (10)	64,36 (10)	77,86 (9)	5,69 (7)	43	L <sub>1</sub>	17035,89 (5)	20,03 (10)	141,71 (10)	162,73 (9)	4,82 (9)	43
L <sub>2</sub>	15920,97 (1)	18,29 (3)	80,17 (7)	95,88 (5)	5,93 (8)	24	L <sub>2</sub>	17667,15 (2)	20,53 (7)	152,81 (7)	175,60 (7)	4,56 (7)	30
L <sub>3</sub>	15085,48 (2)	18,43 (2)	70,02 (8)	84,97 (8)	6,27 (10)	30	L <sub>3</sub>	17865,97 (1)	20,57 (6)	147,61 (8)	170,01 (8)	5,30 (10)	33
L <sub>4</sub>	14709,89 (4)	18,46 (1)	83,59 (4)	97,98 (4)	5,51 (6)	<b>19</b>	L <sub>4</sub>	17413,23 (4)	21,36 (4)	164,01 (5)	184,91 (5)	4,22 (4)	<b>22</b>
L <sub>5</sub>	10868,43 (10)	16,90 (9)	68,07 (9)	75,29 (10)	3,40 (1)	39	L <sub>5</sub>	13479,21 (10)	20,17 (8)	145,37 (9)	159,25 (10)	2,51 (1)	38
L <sub>6</sub>	14111,77 (6)	17,61 (7)	87,84 (3)	102,59 (3)	4,89 (3)	<b>22</b>	L <sub>6</sub>	17424,87 (3)	21,41 (2)	174,39 (1)	197,56 (1)	4,35 (6)	<b>13</b>
L <sub>7</sub>	14214,09 (5)	18,20 (5)	80,69 (6)	93,94 (7)	5,06 (4)	27	L <sub>7</sub>	16743,44 (6)	21,37 (3)	157,84 (6)	178,13 (6)	4,08 (3)	24
L <sub>8</sub>	13368,88 (8)	17,22 (8)	81,13 (5)	94,75 (6)	4,47 (2)	29	L <sub>8</sub>	16513,23 (7)	21,62 (1)	165,19 (4)	186,51 (4)	3,91 (2)	<b>18</b>
‘Vanda’	13222,02 (9)	18,19 (6)	90,97 (2)	105,16 (2)	5,08 (5)	24	‘Vanda’	15348,38 (9)	21,09 (5)	166,46 (3)	188,01 (2)	4,24 (5)	24
‘Vera’	14711,88 (3)	18,25 (4)	93,47 (1)	107,59 (1)	6,16 (9)	<b>18</b>	‘Vera’	16265,95 (8)	20,14 (9)	167,16 (2)	187,71 (3)	4,72 (8)	30

Valores em negrito indicam os genótipos selecionados pelo índice no ambiente.

Tabela 8. Média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), Performance relativa dos valores genotípicos (PRVG) e PRVG multiplicada pela média geral (MG), Média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) e MHPRVG multiplicada pela média geral (MG) para os caracteres volume, número de folhas e comprimento do caule dos 10 genótipos de alface-crespa para estabilidade, adaptabilidade e estabilidade e adaptabilidade, respectivamente, no verão, em Jaboticabal-SP, 2015.

Genótipos	Volume				
	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
L <sub>1</sub>	15960,97 (5)	1,03	17011,48 (5)	1,03	17001,48 (5)
L <sub>2</sub>	<b>16499,46 (3)</b>	<b>1,07</b>	<b>17652,61 (2)</b>	<b>1,06</b>	<b>17624,33 (2)</b>
L <sub>3</sub>	<b>16902,42 (1)</b>	<b>1,08</b>	<b>17943,79 (1)</b>	<b>1,08</b>	<b>17929,01 (1)</b>
L <sub>4</sub>	<b>16512,57 (2)</b>	<b>1,06</b>	<b>17505,84 (3)</b>	<b>1,05</b>	<b>17489,25 (3)</b>
L <sub>5</sub>	12250,43 (10)	0,80	13279,74 (10)	0,79	13233,17 (10)
L <sub>6</sub>	16322,25 (4)	1,05	17405,43 (4)	1,04	17399,88 (4)
L <sub>7</sub>	15650,16 (6)	1,01	16706,79 (6)	1,01	16700,04 (6)
L <sub>8</sub>	15475,61 (7)	0,99	16498,23 (7)	0,99	16472,17 (7)
‘Vanda’	14419,34 (9)	0,93	15378,84 (9)	0,93	15351,18 (9)
‘Vera’	15442,39 (8)	0,98	16374,56 (8)	0,98	16350,65 (8)
Número de folhas					
L <sub>1</sub>	19,77 (10)	0,96	20,03 (10)	0,96	20,02 (10)
L <sub>2</sub>	20,13 (7)	0,98	20,49 (7)	0,98	20,43 (7)
L <sub>3</sub>	20,33 (6)	0,99	20,59 (6)	0,99	20,57 (6)
L <sub>4</sub>	<b>21,15 (2)</b>	<b>1,03</b>	<b>21,39 (3)</b>	<b>1,03</b>	<b>21,38 (3)</b>
L <sub>5</sub>	19,84 (9)	0,97	20,15 (9)	0,97	20,11 (9)
L <sub>6</sub>	<b>21,12 (3)</b>	<b>1,03</b>	<b>21,41 (2)</b>	<b>1,03</b>	<b>21,39 (2)</b>
L <sub>7</sub>	21,09 (4)	1,02	21,37 (4)	1,02	21,37 (4)
L <sub>8</sub>	<b>21,29 (1)</b>	<b>1,04</b>	<b>21,62 (1)</b>	<b>1,04</b>	<b>21,58 (1)</b>
‘Vanda’	20,77 (5)	1,01	21,07 (5)	1,01	21,05 (5)
‘Vera’	19,91 (8)	0,97	20,17 (8)	0,97	20,14 (8)
Comprimento do caule					
L <sub>1</sub>	4,52 (2)	1,13	4,82 (2)	1,13	4,81 (2)
L <sub>2</sub>	4,21 (4)	1,06	4,54 (4)	1,06	4,53 (4)
L <sub>3</sub>	4,98 (1)	1,24	5,31 (1)	1,24	5,30 (1)
L <sub>4</sub>	3,97 (7)	0,99	4,23 (7)	0,99	4,22 (7)
L <sub>5</sub>	<b>2,15 (10)</b>	<b>0,57</b>	<b>2,44 (10)</b>	<b>0,56</b>	<b>2,38 (10)</b>
L <sub>6</sub>	4,11 (5)	1,02	4,37 (5)	1,02	4,36 (5)
L <sub>7</sub>	<b>3,81 (8)</b>	<b>0,95</b>	<b>4,07 (8)</b>	<b>0,95</b>	<b>4,07 (8)</b>
L <sub>8</sub>	<b>3,69 (9)</b>	<b>0,92</b>	<b>3,93 (9)</b>	<b>0,92</b>	<b>3,92 (9)</b>
‘Vanda’	4,01 (6)	0,99	4,27 (6)	0,99	4,25 (6)
‘Vera’	4,43 (3)	1,11	4,73 (3)	1,10	4,72 (3)

Valores em negrito indicam os genótipos selecionados para os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade

### 3.3 Análise conjunta das duas épocas (MODELO 114)

Na Tabela 9, são apresentadas as estimativas referentes aos componentes de variância (REML Individual) e parâmetros genéticos para a análise conjunta, envolvendo dez genótipos de alface, sete ambientes de cultivo e duas épocas, para os caracteres VOL, NF, PC, PT e CC. Sendo que  $V_g$  indica a variância genotípica,  $V_{ga}$  (variância da interação genótipos x épocas),  $V_{gl}$  (variância da interação genótipos x ambientes),  $V_{gla}$  (variância da interação genótipos x ambientes x épocas),  $V_e$  (variância residual),  $V_f$  (variância fenotípica individual),  $h^2g$  (herdabilidade no sentido amplo),  $c^2ga$  (coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x épocas),  $c^2gl$  (coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente),  $c^2gla$  (coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x ambiente x épocas),  $rgl$  (correlação genotípica através dos ambientes, válida para qualquer época),  $rga$  (correlação genotípica através das épocas, válida para qualquer ambiente),  $rgl_a$  (correlação genotípica através dos ambientes, em uma dada época),  $rga_l$  (correlação genotípica através das épocas, em um dado ambiente),  $rgl_{ma}$  (correlação genotípica através dos ambientes, para a média de todas as épocas),  $rga_{ml}$  (correlação genotípica através das épocas, para a média de todos os ambientes),  $rgla$  (correlação genotípica através dos ambientes e épocas).

Tabela 9. Estimativas dos componentes de variância e de parâmetros genéticos para os caracteres volume – VOL, número de folhas – NF, produção comercial – PC, produção total – PT e comprimento do caule – CC de alface-crespa, envolvendo dez genótipos testados em sete ambientes e duas épocas, em Jaboticabal-SP, 2015.

Parâmetros	Caracteres				
	VOL	NF	PC	PT	CC
<b>V<sub>g</sub></b>	3,332 x 10 <sup>6</sup>	0,937	1,748	3,054	0,405
<b>V<sub>ga</sub></b>	1,510 x 10 <sup>6</sup>	0,762	174,345	209,992	0,037
<b>V<sub>gl</sub></b>	0,859 x 10 <sup>6</sup>	0,202	39,037	44,199	0,003
<b>V<sub>gla</sub></b>	0,167 x 10 <sup>6</sup>	0,841	121,990	191,128	0,091
<b>V<sub>e</sub></b>	9,334 x 10 <sup>6</sup>	4,369	1650,055	2112,427	0,285
<b>V<sub>f</sub></b>	15,203 x 10 <sup>6</sup>	7,112	1987,176	2560,799	0,820
<b>h<sup>2</sup><sub>g</sub></b>	0,219 ± 0,057	0,132 ± 0,044	0,001 ± 0,004	0,001 ± 0,004	0,494 ± 0,085
<b>c<sup>2</sup><sub>ga</sub></b>	0,099	0,107	0,088	0,082	0,045
<b>c<sup>2</sup><sub>gl</sub></b>	0,057	0,028	0,019	0,017	0,004

<b>c<sup>2</sup>gla</b>	0,011	0,118	0,061	0,075	0,111
<b>rgl</b>	0,795	0,822	0,043	0,065	0,992
<b>rga</b>	0,688	0,552	0,009	0,014	0,917
<b>rgl_a</b>	0,849	0,894	0,819	0,828	0,993
<b>rga_l</b>	0,735	0,599	0,189	0,184	0,918
<b>rgl_ma</b>	0,829	0,896	0,793	0,822	0,993
<b>rga_ml</b>	0,697	0,588	0,124	0,149	0,919
<b>rgla</b>	0,568	0,342	0,005	0,007	0,757
<b>Média geral</b>	19105,859	22,589	226,857	261,837	4,434

Os valores estimados dos coeficientes de determinação dos efeitos genotípicos (dados pela herdabilidade no sentido amplo  $h^2g$ ) (Tabela 9), livre das interações de um dado genótipo num dado ambiente de cultivo e época, foram de  $0,219 \pm 0,057$ ;  $0,132 \pm 0,044$ ;  $0,001 \pm 0,004$ ;  $0,001 \pm 0,004$  e  $0,494 \pm 0,085$  para os caracteres VOL, NF, PC, PT e CC, respectivamente.

Os efeitos da interação, envolvendo simultaneamente genótipos, ambientes e épocas, são livres de todas as interações. Ou seja, a herdabilidade está deflacionada da interação genótipos x ambientes, genótipos x épocas e genótipos x ambientes x épocas. Para os caracteres PC e PT, esses valores foram muito baixos, porém, levando em conta que se tratam de caracteres de natureza poligênica quantitativa, os resultados obtidos estão coerentes. Valores de herdabilidade baixa para o caráter produtividade de grãos também foram encontrados por Santos (2009) em linhagens de arroz de terras altas, por meio da utilização dos modelos mistos.

Os coeficientes de determinação dos efeitos da interação genótipos x épocas ( $c^2ga$ ), genótipos x ambientes ( $c^2gl$ ) e genótipos x ambientes x épocas ( $c^2gla$ ), como observado na Tabela 9, referem-se à proporção da variabilidade fenotípica total explicada pela interação.

Para o caráter VOL, as interações genótipos x épocas (ga) e genótipos x ambientes (gl) foram maiores que a interação tripla genótipos x ambientes x épocas (gla). Portanto, para o referido caráter a interação tripla (gla) influenciou menos a  $V_f$  (variância fenotípica) que as interações ga e gl. Para os caracteres NF, PC, PT e CC, as interações ga e gla tiveram uma contribuição mais expressiva na  $V_f$  quando comparadas à interação gl.

Como pode-se observar na Tabela 9, o componente de variância genotípica –  $V_g$ , foi superior às variâncias das interações  $V_{ga}$ ,  $V_{gl}$  e  $V_{gla}$  para os caracteres VOL, NF e CC, indicando que a variância genética foi a que mais contribuiu para a variância fenotípica, de maneira que a variabilidade genotípica entre os genótipos de alface avaliados foram de maior magnitude comparado às variâncias das interações. Para os caracteres de produção PC e PT, a variância da interação genótipos x épocas ( $V_{ga}$ ) foi maior em relação às demais interações, bem como, da variância genotípica, demonstrando de maneira tal que os caracteres são fortemente influenciados pela época de cultivo, contribuindo de maneira mais expressiva para a variância fenotípica. A variância tripla ( $V_{gla}$ ) teve influência de forte magnitude da variância fenotípica para os caracteres NF, PC e PT.

Os coeficientes de correlação genotípica obtidos através dos ambientes, como observados na Tabela 9, designados por  $r_{gl}$ ,  $r_{ga}$ ,  $r_{gl\_a}$ ,  $r_{ga\_l}$ ,  $r_{gl\_ma}$ ,  $r_{ga\_ml}$  e  $r_{gla}$ , apresentaram estimativas de correlação médias de 0,737; 0,670; 0,283; 0,296 e 0,927 para os caracteres VOL, NF, PC, PT e CC, respectivamente, constatando-se, dessa forma, interação de natureza simples para os caracteres VOL, NF e CC e natureza complexa para os caracteres PC e PT. Costa et al. (2015) encontraram correlação genotípica de 0,418 para a interação genótipos x locais x anos em cultivares de morango, indicando nível moderado de interação complexa para produtividade. Semelhantemente, Santos (2009), encontrou baixa magnitude de  $r_{gla}$  (0,454), revelando nível moderado de interação complexa para produtividade de linhagens de arroz de terras altas. Assim, o resultado corrobora para demonstrar a forte expressão da interação complexa no presente estudo para os caracteres PC e PT.

Observou-se, para os caracteres PC e PT, correlação genotípica de magnitude baixa através dos ambientes, válida para qualquer época ( $r_{gl}$ ) e através das épocas, válida para qualquer ambiente ( $r_{ga}$ ), indicando dessa maneira, alteração no ordenamento de genótipos nos diferentes ambientes, pois quando se observa correlações genotípicas baixas, isso indica alta interação genótipos x ambientes, o que altera o ordenamento dos genótipos através dos ambientes e épocas.

Quando observada a correlação genotípica através dos ambientes e épocas

(rgla), os caracteres NF, PC e PT apresentaram baixa magnitude de correlação, revelando nível alto de interação complexa. Dessa forma, entende-se que os genótipos não tiveram o mesmo comportamento nos diferentes ambientes onde foram avaliados. Esse nível de correlação indica que a interação é problemática para o melhorista. Já para os caracteres VOL e CC, observou-se efeito baixo da interação complexa.

Os valores da correlação genotípica através dos ambientes, em uma dada época (rgl\_a), e para a média de todas as épocas (rgl\_ma) foram de alta magnitude para todos os caracteres avaliados, indicando que os genótipos tiveram desempenhos bastante semelhantes através dos ambientes, o que facilita a seleção de linhagens/cultivares nos ambientes. Quando avaliado a correlação genotípica através das épocas, em um dado ambiente (rga\_l) e para a média de todos os ambientes (rga\_ml), observaram-se correlações de baixa a moderada para os caracteres NF, PC e PT, indicando que os desempenhos dos genótipos foram muito afetados pelos efeitos de épocas; dessa maneira, fica comprovada a importância de testar os genótipos em várias épocas. A superioridade de rgl\_ma em relação a rga\_ml reflete, de certa forma, a influência maior do efeito de épocas sobre o efeito de ambientes no desempenho dos genótipos.

De acordo com a análise de deviance (ANADEV) conjunta do modelo 114, apresentada na Tabela 10, referentes aos caracteres avaliados (VOL, NF, PC, PT, CC) nas linhagens e cultivares, nos sete ambientes de cultivo e nas duas épocas (inverno e verão), pode-se observar que, para o modelo, o efeito de genótipo só apresentou significância para os caracteres VOL e CC. Considerando as interações, e os efeitos de genótipos x épocas, para todos os caracteres, apresentaram efeitos significativos, indicando a importância do fator época no desempenho diferencial dos genótipos de alface estudados. Para a interação genótipos x ambientes, no modelo estudado, apenas o caráter VOL apresentou efeito significativo. Na interação tripla genótipos x ambientes x épocas, apenas os caracteres NF e CC foram significativos.

Tabela 10. Análise de deviance (ANADEV) conjunta global, referente à análise envolvendo dez genótipos de alface-crespa testadas em sete ambientes de cultivo no verão e inverno para os caracteres volume – VOL, número de folhas – NF, produção comercial – PC, produção total – PT e comprimento do caule – CC, em Jaboticabal - SP, 2015.

Efeitos	VOL	NF	PC	PT	CC
	Deviance	Deviance	Deviance	Deviance	Deviance
<b>Genótipos</b>	8546,72 <sup>*</sup>	1451,53 <sup>ns</sup>	4298,20 <sup>ns</sup>	4422,72 <sup>ns</sup>	157,34 <sup>**</sup>
<b>Genótipos x Ambientes</b>	8546,23 <sup>*</sup>	1449,73 <sup>ns</sup>	4298,42 <sup>ns</sup>	4422,88 <sup>ns</sup>	144,55 <sup>ns</sup>
<b>Genótipos x Épocas</b>	8557,32 <sup>**</sup>	1458,41 <sup>**</sup>	4308,81 <sup>**</sup>	4430,81 <sup>**</sup>	149,14 <sup>*</sup>
<b>Genótipos x Ambientes x Épocas</b>	8542,20 <sup>ns</sup>	1457,55 <sup>**</sup>	4299,85 <sup>ns</sup>	4425,14 <sup>ns</sup>	167,50 <sup>**</sup>
<b>Média Geral</b>	19105,86	22,59	226,86	4422,72	4,43

<sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de significância dos modelos mistos LRT; <sup>ns</sup> não significativo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Queiroz et al. (2014), quando, estudando a estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo, também encontraram diferença no desempenho produtivo das cultivares em relação às épocas de cultivo.

Considerando os valores genotípicos (BLUP) obtidos no modelo 114, para o conjunto dos ambientes de cultivo, referentes aos caracteres médios de volume, número de folhas, produção comercial, produção total e comprimento do caule, avaliados nos genótipos L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>, L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub>, L<sub>8</sub>, 'Vanda' e 'Vera' (Tabela 11), com os devidos ordenamentos dos maiores valores genotípicos entre parênteses, pode-se observar que as três melhores linhagens selecionadas pelo índice multivariado de Mulamba e Mock para o conjunto dos caracteres foram as L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>, indicando serem promissoras para recomendação de plantio. As linhagens selecionadas apresentaram superioridade principalmente para os caracteres PC e PT, caracteres estes importantes na recomendação de cultivares.

Tabela 11. Índices de Mulamba e Mock aplicados aos valores genéticos dos caracteres VOL: volume de planta (cm<sup>3</sup>/planta); NF: número de folhas; PC: produção comercial (g/planta); PT: produção total (g/planta); e CC: comprimento do caule (cm) para análise conjunta de dez genótipos de alface-crespa, sete ambientes e duas épocas, em Jaboticabal-SP, 2015.

Genótipos	VG					Rank
	VOL	NF	PC	PT	CC	
<b>L<sub>1</sub></b>	20541,99 (2)	22,13 (9)	226,73 (4)	261,78 (4)	5,02 (9)	28
<b>L<sub>2</sub></b>	20483,06 (3)	22,34 (6)	226,69 (5)	261,75 (5)	4,84 (8)	27
<b>L<sub>3</sub></b>	21674,07 (1)	22,25 (8)	226,93 (3)	262,19 (3)	5,32 (10)	25
<b>L<sub>4</sub></b>	19423,58 (5)	22,35 (5)	226,51 (8)	261,41 (8)	4,32 (4)	30
<b>L<sub>5</sub></b>	16194,14 (10)	22,27 (7)	226,62 (7)	261,04 (10)	3,04 (1)	35
<b>L<sub>6</sub></b>	19817,59 (4)	23,35 (3)	228,17 (1)	263,37 (1)	4,47 (6)	<b>15</b>
<b>L<sub>7</sub></b>	18898,56 (6)	23,77 (1)	226,69 (6)	261,65 (6)	4,21 (3)	<b>22</b>
<b>L<sub>8</sub></b>	18878,08 (7)	23,57 (2)	227,33 (2)	262,35 (2)	4,13 (2)	<b>15</b>
<b>‘Vanda’</b>	17489,92 (9)	22,74 (4)	226,46 (9)	261,54 (7)	4,47 (5)	34
<b>‘Vera’</b>	17657,59 (8)	21,13 (10)	226,44 (10)	261,30 (9)	4,52 (7)	44
<b>Média Geral</b>	19105,86	22,59	226,86	261,84	4,43	

Valores em negrito indicam os genótipos selecionados pelo índice no ambiente.

Na Tabela 12, são apresentadas estimativas de estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG), e estabilidade e adaptabilidade simultaneamente (MHPRVG), para todos os caracteres que apresentaram significância no modelo. A classificação das linhagens/cultivares pelos maiores valores está entre parênteses dentro de cada critério MHVG, PRVG\*MG e MHPRVG\*MG.

Tabela 12. Média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), Performance relativa dos valores genotípicos (PRVG) e PRVG multiplicada pela média geral (MG), Média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) e MHPRVG multiplicada pela média geral (MG) para os caracteres volume, número de folhas, produção comercial, produção total e comprimento do caule dos 10 genótipos de alface-crespa para estabilidade, adaptabilidade e estabilidade e adaptabilidade, respectivamente, para os sete ambientes, duas épocas, em Jaboticabal-SP, 2015.

Genótipos	Volume				
	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
L <sub>1</sub>	<b>19708,19 (2)</b>	<b>1,08</b>	<b>20547,49 (2)</b>	<b>1,08</b>	<b>20543,37 (2)</b>
L <sub>2</sub>	<b>19603,34 (3)</b>	<b>1,07</b>	<b>20478,76 (3)</b>	<b>1,07</b>	<b>20467,78 (3)</b>
L <sub>3</sub>	<b>20942,69 (1)</b>	<b>1,14</b>	<b>21779,56 (1)</b>	<b>1,14</b>	<b>21752,81 (1)</b>
L <sub>4</sub>	18687,42 (5)	1,02	19459,27 (5)	1,02	19445,31 (5)
L <sub>5</sub>	15312,04 (10)	0,84	16076,29 (10)	0,84	16056,71 (10)
L <sub>6</sub>	18925,22 (4)	1,04	19775,97 (4)	1,03	19772,59 (4)
L <sub>7</sub>	18147,80 (6)	0,99	18913,89 (6)	0,99	18911,39 (6)
L <sub>8</sub>	18029,39 (7)	0,98	18838,79 (7)	0,98	18823,38 (7)
‘Vanda’	16795,35 (9)	0,92	17511,23 (9)	0,91	17665,98 (9)
‘Vera’	16957,84 (8)	0,93	17677,35 (8)	0,92	17665,98 (8)
<b>Número de folhas</b>					
L <sub>1</sub>	21,86 (9)	0,98	22,13 (9)	0,98	22,13 (9)
L <sub>2</sub>	22,06 (6)	0,99	22,33 (6)	0,99	22,34 (6)
L <sub>3</sub>	21,96 (8)	0,98	22,25 (8)	0,98	22,24 (8)
L <sub>4</sub>	22,08 (5)	0,99	22,35 (5)	0,99	22,35 (5)
L <sub>5</sub>	22,01 (7)	0,99	22,28 (7)	0,99	22,27 (7)
L <sub>6</sub>	<b>23,09 (3)</b>	<b>1,03</b>	<b>23,36 (3)</b>	<b>1,03</b>	<b>23,36 (3)</b>
L <sub>7</sub>	<b>23,49 (1)</b>	<b>1,05</b>	<b>23,78 (1)</b>	<b>1,05</b>	<b>23,78 (1)</b>
L <sub>8</sub>	<b>23,30 (2)</b>	<b>1,04</b>	<b>23,58 (2)</b>	<b>1,04</b>	<b>23,57 (2)</b>
‘Vanda’	22,43 (4)	1,01	22,72 (4)	1,01	22,72 (4)
‘Vera’	20,83 (10)	0,93	21,11 (10)	0,93	21,11 (10)
<b>Produção comercial</b>					
L <sub>1</sub>	206,71 (6)	0,99 (6)	226,60 (6)	0,99 (6)	226,58 (6)
L <sub>2</sub>	<b>207,67 (2)</b>	<b>1,00 (3)</b>	<b>227,07 (3)</b>	<b>1,00 (3)</b>	<b>227,05 (3)</b>
L <sub>3</sub>	206,42 (9)	0,99 (7)	226,56 (7)	0,99 (7)	226,54 (7)
L <sub>4</sub>	206,20 (10)	0,99 (10)	226,36 (10)	0,99 (10)	226,33 (10)
L <sub>5</sub>	206,44 (8)	0,99 (9)	226,45 (9)	0,99 (9)	226,43 (9)
L <sub>6</sub>	<b>208,17 (1)</b>	<b>1,01 (1)</b>	<b>228,19 (1)</b>	<b>1,01 (1)</b>	<b>228,17 (1)</b>
L <sub>7</sub>	206,97 (5)	0,99 (4)	226,74 (4)	0,99 (4)	226,74 (4)
L <sub>8</sub>	<b>207,43 (3)</b>	<b>1,00 (2)</b>	<b>227,46 (2)</b>	<b>1,00 (2)</b>	<b>227,42 (2)</b>
‘Vanda’	206,64 (7)	0,99 (8)	226,46 (8)	0,99 (8)	226,44 (8)
‘Vera’	207,16 (4)	0,99 (5)	226,68 (5)	0,99 (5)	226,67 (5)
<b>Produção total</b>					
L <sub>1</sub>	241,26 (6)	0,99 (6)	261,66 (6)	0,99 (6)	261,64 (6)
L <sub>2</sub>	<b>242,19 (2)</b>	<b>1,00 (3)</b>	<b>262,13 (3)</b>	<b>1,00 (3)</b>	<b>262,11 (3)</b>
L <sub>3</sub>	241,13 (7)	0,99 (4)	261,79 (4)	0,99 (4)	261,77 (4)
L <sub>4</sub>	240,63 (9)	0,99 (9)	261,25 (9)	0,99 (9)	261,23 (9)
L <sub>5</sub>	240,49 (10)	0,99 (10)	260,89 (10)	0,99 (10)	260,89 (10)

<b>L<sub>6</sub></b>	<b>243,04 (1)</b>	<b>1,01 (1)</b>	<b>263,46 (1)</b>	<b>1,01 (1)</b>	<b>263,44 (1)</b>
L <sub>7</sub>	241,43 (5)	0,99 (5)	261,69 (5)	0,99 (5)	261,69 (5)
<b>L<sub>8</sub></b>	<b>242,13 (3)</b>	<b>1,00 (2)</b>	<b>262,53 (2)</b>	<b>1,00 (2)</b>	<b>262,51 (2)</b>
‘Vanda’	241,03 (9)	0,99 (8)	261,43 (8)	0,99 (8)	261,42 (8)
‘Vera’	241,48 (4)	0,99 (7)	261,52 (7)	0,99 (7)	261,50 (7)
<b>Comprimento do caule</b>					
L <sub>1</sub>	4,98 (2)	1,13	5,03 (2)	1,13	5,03 (2)
L <sub>2</sub>	4,79 (3)	1,09	4,84 (3)	1,09	4,84 (3)
L <sub>3</sub>	5,28 (1)	1,20	5,32 (1)	1,20	5,32 (1)
L <sub>4</sub>	4,27 (7)	0,97	4,31 (7)	0,97	4,31 (7)
<b>L<sub>5</sub></b>	<b>2,98 (10)</b>	<b>0,68</b>	<b>3,03 (10)</b>	<b>0,68</b>	<b>3,02 (10)</b>
L <sub>6</sub>	4,43 (5)	1,01	4,47 (5)	1,01	4,48 (5)
L <sub>7</sub>	<b>4,16 (8)</b>	<b>0,95</b>	<b>4,21 (8)</b>	<b>0,95</b>	<b>4,21 (8)</b>
L <sub>8</sub>	<b>4,08 (9)</b>	<b>0,93</b>	<b>4,13 (9)</b>	<b>0,93</b>	<b>4,13 (9)</b>
‘Vanda’	4,42 (6)	1,01	4,47 (6)	1,01	4,47 (6)
‘Vera’	4,48 (4)	1,02	4,52 (4)	1,02	4,52 (4)

Valores em negrito indicam os genótipos selecionados para os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade

Observa-se que as estimativas MHVG, PRVG e MHPRVG (Tabela 12), no geral, classificaram os genótipos de forma semelhante quando se utilizou cada um dos três parâmetros obtidos pelo procedimento de BLUP para os caracteres VOL, NF, PC, PT e CC; com isso demonstra que as linhagens selecionadas se sobressaíram por apresentar alta estabilidade e adaptabilidade para os caracteres avaliados. Para o caráter VOL, as três melhores linhagens classificadas pelo critério de estabilidade e adaptabilidade foram as L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>. Para NF, as linhagens selecionadas foram L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>; já para os caracteres PC e PT, foram selecionadas as linhagens L<sub>2</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>. Para o caractere CC, foram selecionadas as linhagens L<sub>5</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>, de modo que foi atendido o sentido contrário de seleção para o caractere CC.

Quando se comparou esta classificação com a obtida a partir dos valores genotípicos, derivados da análise conjunta dos sete ambientes de cultivo (Tabela 12), observa-se que estes também foram classificados de forma semelhante para os caracteres VOL, NF e CC. Para os caracteres PC e PT, observou-se divergência apenas para uma linhagem, sendo que na classificação pela conjunta dos BLUPs, foram selecionadas as linhagens L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>, enquanto que para a classificação referentes aos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, foram selecionadas as linhagens L<sub>2</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>.

Resultados semelhantes foram encontrados por Torres et al. (2015), que estudaram a interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrados via modelos mistos e verificaram que houve concordância entre as estatísticas MHVG, PRVG e MHPRVG na discriminação dos genótipos mais produtivos e com alta adaptabilidade e estabilidade, indicando que elas podem fazer parte de critérios seletivos na rotina dos programas de melhoramento do feijão-caupi.

#### **4 CONCLUSÕES**

- a) O programa de melhoramento de alface da UNESP/FCAV foi eficiente em selecionar linhagens com boas performances para estabilidade e adaptabilidade simultaneamente.
- b) Pela análise de modelos mistos para cada época isolada constatou-se: para o inverno, pode-se indicar para o plantio, no conjunto de ambientes, as linhagens L<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>, enquanto que, para o verão, as linhagens L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub> e L<sub>8</sub>.
- c) Pela análise conjunta, ao considerar as duas épocas, houve efeito significativo da interação genótipo x época, para todos os caracteres, influenciando no desempenho produtivo das linhagens de alface, indicando a real importância de avaliar linhagens/cultivares em épocas diferentes para uma melhor recomendação de plantio, sendo recomendado para o plantio as linhagens L<sub>6</sub>, L<sub>7</sub> e L<sub>8</sub>.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. de. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 452 p. (Boletim Técnico-IAC, n.º 200).

AGRIANUAL 2016: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativo, 2016. p. 307.

ALVARENGA, R. C.; LARA C., W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; YURI, J. E.; NUNES, U. R.; PIMENTA, F. L.; MATOS, C. S. M.; FLORIO, F. C. A.; MADEIRA, D. M. Emprego de tipos de cobertura de canteiro no cultivo da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 899-903, 2005. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000400007> >.

BARROS JÚNIOR, A. P.; GRANGEIRO, L. C.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, J. O.; AZEVEDO, P. E.; MEDEIROS, D. C. Cultivo da alface em túneis baixos de agrotêxtil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 801-803, 2004. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000400028> >.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. H. C.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; NUNES, G. H. S.; SOBRINHO, J. E.; QUEIROGA, R. C. F. Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura e ampla luminosidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 133-137, 2005. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000100028> >.

BLIND, A. D.; SILVA FILHO, D. F. Desempenho de cultivares de alface americana cultivadas com e sem *mulching* em período chuvoso da Amazônia. **Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 143-151, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2183> >.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, n. 3, p. 369-374, 1990.

CARVALHO, J. E. de.; ZANELLA, F.; MOTA, J. H.; LIMA, A. L. S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000500003>>.

CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; MELO, D. M.; CANDIDO, W. S.; VARGAS, P. F.; DALPIAN, T.; BRAZ, L. T. Obtaining resistant lettuce progenies to downy mildew. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 69-73, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000100011> >.

COSTA, A. F.; LEAL, N. R.; VENTURA, J. A.; GONÇALVES, L. S. A.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; COSTA, H. Adaptability and stability of strawberry cultivars using a mixed model. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 435-440, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v37i4.18251> >.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. p. 110.

DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 133-140, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000100017> >.

FERREIRA, R. L. F.; ALVES, A. S. S. C.; ARAÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F.; RESENDE, M. I. F. L. Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura de solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.4, p. 1017-1023, 2014.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.

LUZ, A. O.; SEABRA JÚNIOR, S.; SOUZA, S. B. S.; NASCIMENTO, A. S. Resistência ao pendoamento de genótipos de alface em ambientes de cultivo. **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 6, p. 71-82, 2009.

MRODE, R. A. **Linear models for the prediction of animal breeding values**. 2. ed. Wallingford: CABI, 2005.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea Mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

PIMENTA, S.; MENEZES, D.; NEDER, D. G.; MELO, R. A.; ARAUJO, A. L. R.; MARANHÃO, E. A. A. Adaptability and stability of pepper hybrids under conventional and organic production systems. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 168-174, 2016. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160000200004> >.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. **Fatores climáticos**. In: PAULO, C. R. F. Olericultura – teoria e prática. Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2005. cap. 2. p. 17-38. v. 1.

QUEIROZ, J. P. S.; COSTA, A. J. M.; NEVES, L. G.; SEABRA JÚNIOR, S.; BARELLI, M. A. A. Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 276-283, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000200007> >.

REGITANO NETO, A.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; GALLO, P. B.; FREITAS, J. G.; AZZINI, L. E. Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 512-519, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000300013> >.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica; Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 561 p.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 65 p.

SANTOS, V. B. dos. **Avaliação genotípica de linhagens de arroz de terras altas via metodologia de modelos mistos**. 2009. 164 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SILVA, L. B.; NODARI, I. D. E.; SEABRA JÚNIOR, S.; DIAS, L. D. E.; NEVES, J. F. Produção de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1742-1749, 2013.

TOBAR-TOSSE, D. E. **Linhagens de alface crespa resistentes a *Bremia lactucae* e interação genótipo x ambiente**. 2015. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A. M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p. 255-260, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0099> >.