



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E ESTUDOS DE
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA TOLERÂNCIA AO CALOR EM
GENÓTIPOS DE ALFACE PRODUZIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES E
ÉPOCAS**

MARYANNE DA COSTA PEREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E ESTUDOS DE
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA TOLERÂNCIA AO CALOR EM
GENÓTIPOS DE ALFACE PRODUZIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES E
ÉPOCAS**

MARYANNE DA COSTA PEREIRA

ORIENTADORA: NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA
CO-ORIENTADOR: WARLEY MARCOS NASCIMENTO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 126/ 2017

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E ESTUDOS DE
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA TOLERÂNCIA AO CALOR EM
GENÓTIPOS DE ALFACE PRODUZIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES E
ÉPOCAS**

MARYANNE DA COSTA PEREIRA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

APROVADA POR:

**NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA (ORIENTADORA), Dr^a Universidade de
Brasília/ CPF: 033.300.726-36/ Email: narasouza@unb.br**

**RICARDO CARMONA (EXAMINADOR INTERNO) PhD/ Universidade de
Brasília/ CPF: 183.492.181-34/ Email: rcarmona@unb.br**

**FÁBIO AKIYOSHI SUINAGA (EXAMINADOR EXTERNO) Dr. / Embrapa
Hortaliças/ CPF: 899.569.666-49/ Email: fabio.suinaga@embrapa.br**

BRASÍLIA/ DF, 10 de fevereiro de 2017.

FICHA CATALOGRÁFICA

Pereira, Maryanne da Costa.

Qualidade fisiológica de sementes e estudos de adaptabilidade e estabilidade da tolerância ao calor em genótipos de alface produzidos em diferentes ambientes e épocas/Maryanne Pereira; Orientação de Nara Oliveira Silva Souza. – Brasília, 2017.

110p.: il

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2017.

1. *Lactuca sativa* L. 2. Qualidade Fisiológica de Sementes
3. Adaptabilidade e estabilidade
- I. Souza, N.O.S. II. Qualidade fisiológica de sementes e estudos de adaptabilidade e estabilidade da tolerância ao calor em genótipos de alface produzidos em diferentes ambientes e épocas.

CDD ou CDU

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, M.C. **Qualidade fisiológica de sementes e estudos de adaptabilidade e estabilidade da tolerância ao calor em genótipos de alface produzidos em diferentes ambientes e épocas.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017, 110p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Maryanne da Costa Pereira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Qualidade fisiológica de sementes e estudos de adaptabilidade e estabilidade da tolerância ao calor em genótipos de alface produzidos em diferentes ambientes e épocas

GRAU: Mestre

ANO: 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Nome: Maryanne da Costa Pereira

CPF: 035.678.361-88

Telefone: (61) 9832-7101

Email: mcosta.pereira04@gmail.com

Recria tua vida, sempre, sempre.

Remove pedras e planta roseiras e faz doces.

Recomeça

À minha família e amigos, pela força e carinho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília e Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, a oportunidade de realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), a concessão da bolsa.

À minha orientadora Professora Nara Oliveira Silva Souza, o incentivo, amizade, companheirismo e orientação todos esses anos.

Ao Dr. Fábio Akiyoshi Suinaga, a disponibilidade, confiança, ensinamentos compartilhados e imensa contribuição na condução das pesquisas.

Ao Dr. Warley Marcos Nascimento, o suporte e contribuição na condução das pesquisas.

Aos professores Selma Regina Maggiotto, Cristina Schetino Bastos, Ricardo Carmona, a constante disponibilidade e contribuição em minha formação profissional.

Ao Jorge Lima, Karlão, Edivaldo, Joãozinho, Mourão e Wilson, a imensa ajuda ensinamentos, suporte e dedicação.

À equipe do laboratório de sementes: Dr. Marçal, Patrícia, Guilherme, Fabiana, Shara e Dayane, ao apoio e companheirismo.

À minha família, minha irmã, meu cunhado, meu pai e minha mãe, o apoio eterno.

Às minhas amadas amigas, Lara, Lisanne, Larissa, Patrícia, sempre ao meu lado.

À minha mãe de coração, Célia, o apoio e amor.

Ao meu companheiro de vida, Lucas, a paciência e dedicação.

Às amigas do mestrado, Hanna e Cristiane, pelos momentos de risadas e alegrias.

Às minhas companheiras de mestrado, Isadora e Daiane, a amizade e eterno carinho, maior presente do curso de pós-graduação.

Enfim, a todos que fizeram parte dessa fase da minha vida e que contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

A alface é uma hortaliça folhosa de grande importância no Brasil, tanto em volume quanto em valor comercializado, podendo ser utilizada de diversas maneiras. Apesar da disponibilidade de cultivares nacionais com boas características e existência de regiões favoráveis à produção de sementes, poucos são os estudos realizados no sentido de avaliar o efeito do ambiente no florescimento e comportamento das sementes de alface, que são extremamente sensíveis às condições ambientais. Condições de elevada temperatura favorecem o pendoamento e florescimento precoce, resultando em produtos de baixa qualidade, devido ao sabor amargo das folhas, além prejudicarem a germinação das sementes. Nesse contexto, estudos sobre o florescimento e a produção de sementes de alface em diferentes épocas e locais podem contribuir para o desenvolvimento de novas cultivares tolerantes ao calor, assim como novas tecnologias de produção de sementes de alta qualidade fisiológica. Logo, esse trabalho teve como objetivos avaliar genótipos de alface quanto à qualidade fisiológica das sementes produzidas em duas épocas, verão/outono e outono/inverno, em diferentes locais, sendo campo aberto e telado, além de estudar diferentes métodos de obtenção de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alface em três épocas de cultivo, sendo verão, outono e inverno, em três locais de produção, no campo aberto, casa de vidro e telado. O experimento foi conduzido em campo aberto, telado e casa de vidro na Embrapa Hortaliças, com semeaduras em: época 1, dezembro/2015; época 2, abril/2016; época 3, junho/2016. Para a avaliação de qualidade fisiológica de sementes de alface foram utilizados os genótipos Everglades, Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea e BRS Leila, e o delineamento foi inteiramente casualizado com duas repetições para teor de água e peso de mil sementes, e quatro repetições para peso por parcela, teste de germinação a 20°C e 35°C, primeira contagem de germinação a 20°C e 35°C, índice de velocidade de germinação a 20°C e 35°C, comprimento de raiz, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado a 48 e 72 horas e condutividade elétrica. Nos estudos de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alface foram utilizados os genótipos Everglades, Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea, BRS Leila e Elisa. O delineamento foi inteiramente casualizado com dez repetições e a característica avaliada foi o número de dias para antese. Nas avaliações de qualidade fisiológica de sementes produzidas em diferentes épocas e locais, a produção de sementes de alface em cultivo protegido mostrou-se vantajosa, independente da época de semeadura, e o período do verão/outono (época 1) apresentou melhores condições de desenvolvimento das plantas e produção de sementes, independentemente do local de produção. Nos estudos de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade na variável antese, pelo método de Eberhart & Russel (1966), os genótipos BRS Mediterrânea e Vanda mostraram adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e não foram encontrados genótipos de ampla adaptabilidade. O método de Cruz et al. (1989), mostrou-se mais refinado na recomendação de genótipos que o método de Eberhart & Russell (1966). O método do Trapézio Quadrático segundo Carneiro (1998), destacou-se entre os métodos estudados, devido à recomendação imediata dos genótipos.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., qualidade fisiológica de sementes, temperatura, adaptabilidade e estabilidade.

ABSTRACT

Lettuce is a leafy vegetable of great importance in Brazil, both in transaction volume and commercial value, which can be used in various ways. Despite the availability of national cultivars with good characteristics and the existence of favorable regions for seed production, few studies have been carried out to evaluate the effect of the environment on the flowering and on the behavior of lettuce seeds, which are extremely sensitive to environmental conditions. High temperature conditions favor early plowing and flowering, resulting in low quality products, due to the bitter taste of its leaves, and are harmful to the seeds germination. In this context, studies on the flowering and production of lettuce seeds at different seasons and places may contribute to develop new heat tolerant cultivars, as well as new production technologies for high quality physiological seeds. Thus, the objective of this work was to evaluate lettuce genotypes on the physiological quality of the seeds produced in two seasons, summer/autumn and autumn/winter, in different locations, such as open field and greenhouse, and to study different methods to obtain adaptability and stability parameters of lettuce genotypes in three growing seasons, summer, fall and winter, in three production sites, in the open field, glass house and greenhouse. The experiment was conducted in the open field, greenhouse and glass house at Embrapa Vegetables. The sowings took place on: season 1, December/2015; season 2, April/2016; season 3, June/2016. For the physiological quality evaluation of lettuce seeds, we used the Everglades, Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea and BRS Leila genotypes, and the design was completely randomized with two repetitions for the evaluated characteristics: water content, weight per plot, and four repetitions for weight of a thousand seeds, germination test at 20 °C and 35 °C, first germination count at 20 °C and 35 °C, germination rate index at 20 °C and 35 °C, root length, seedling emergence, emergence rate index, accelerated aging at 48 and 72 hours and electrical conductivity. In the studies on adaptability and stability parameters of lettuce genotypes, the Everglades, Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea, BRS Leila and Elisa genotypes were used. The design was completely randomized with ten repetitions and the evaluated characteristic was the number of days until the anthesis. In the physiological quality evaluation of the seeds produced at different seasons and sites, the lettuce seeds production in protected cultivation was advantageous, regardless of the sowing season, and the summer/autumn period (season 1) presented better plant development and seed production conditions, regardless of the production site. In the studies of adaptability and stability parameters in the anthesis variable, by the Eberhart & Russel method (1966), the BRS Mediterrânea and Vanda genotypes showed specific adaptability to unfavorable environments and no genotypes of wide adaptability were found. It was noticeable that Cruz et al. (1989) methodology was more efficient on genotypes recommendation than Eberhart & Russell (1966). The methodology of Carneiro (1998) was more suitable due to the immediately recommendation of genotypes.

Key words: *Lactuca sativa* L., physiological quality of seeds, temperature, adaptability and stability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1 A CULTURA DA ALFACE	3
3.2 PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE	6
3.3 QUALIDADE DE SEMENTES DE ALFACE	7
3.4 GERMINAÇÃO E TERMODORMÊNCIA EM SEMENTES DE ALFACE	10
3.5 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE NA CULTURA DA ALFACE	14
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
CAPÍTULO 1	26
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1. INTRODUÇÃO	29
2. OBJETIVO GERAL	30
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 LOCALIZAÇÃO EXPERIMENTAL, CONDIÇÕES DE CULTIVO E ÉPOCA	31
3.2 GENÓTIPOS	31
3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	31
3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	32
3.4.1 Peso por parcela (PPP)	32
3.4.2 Peso de mil sementes (PMS)	33
3.4.3 Teor de água (TA)	33
3.4.4 Teste Padrão de Germinação (TPG)	33
3.4.5 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)	33
3.4.6 Primeira contagem de germinação	34
3.4.7 Comprimento da raiz primária	34
3.4.8 Emergência de plântulas (EP) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE)	34
3.4.9 Envelhecimento acelerado (EA)	35
3.4.10 Condutividade elétrica (CE)	35
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	35

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS	57
6. CONCLUSÕES	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
CAPÍTULO 2	62
RESUMO	63
ABSTRACT	64
1. INTRODUÇÃO	65
2. OBJETIVOS GERAIS	66
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	66
3. MATERIAL E MÉTODOS	67
3.1 LOCALIZAÇÃO EXPERIMENTAL E ÉPOCA	67
3.2 GENÓTIPOS.....	67
3.3 PRODUÇÃO DE MUDAS, TRANSPLANTIO E MANEJO	68
3.4 AVALIAÇÃO DA DATA DA ANTESE	68
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	68
3.5.1 Análise de variância individual	69
3.5.2 Análise de variância conjunta	70
3.5.3 Análise de adaptabilidade e estabilidade da avaliação de número de dias para abertura floral da alface	71
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
4.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL	78
4.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA.....	84
4.3 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DOS GENÓTIPOS	86
4.3.1 Método de Eberhart & Russell (1966)	86
4.3.2 Método de Cruz et al. (1989)	89
4.3.3 Método do trapézio quadrático segundo Carneiro (1998)	91
5. CONCLUSÃO	93
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	98

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das principais hortaliças cultivadas no mundo e no Brasil, e se destaca como a folhosa de maior volume de comercialização. O modelo brasileiro baseia-se na produção em cinturões verdes, próximos aos centros consumidores desta folhosa, dada a alta perecibilidade do produto.

A alface tem sido cultivada em diferentes épocas e regiões, em diferentes condições edafoclimáticas. Muitas regiões do país apresentam limitações para o cultivo de alface devido as condições ambientais. Assim, a cultura da alface apresenta elevada sensibilidade às condições do ambiente, principalmente elevadas temperaturas.

Condições de elevada temperatura prejudicam a germinação das sementes, além de favorecerem o pendoamento precoce, tornando as folhas leitosas e amargas, resultando em produtos de qualidade inferior e perdas para o produtor. Desta forma, a tendência ao pendoamento precoce ou tardio caracteriza as cultivares como de inverno ou verão.

A germinação também é limitada nas condições de elevadas temperaturas, sendo considerada errática ou nula. Devido à alta sensibilidade às condições do ambiente, temperaturas acima de 30 °C reduzem bruscamente a taxa de germinação das sementes de alface. Nesse caso, a baixa germinação pode ocorrer devido a dois fenômenos distintos, a termoinibição e/ou termodormência.

A termoinibição é um processo reversível, no qual as sementes apresentam dificuldade para germinar em temperaturas elevadas, próximas a 30 °C; no entanto, uma vez que a temperatura é reduzida para o nível adequado, em torno de 20 °C, as sementes são capazes de germinar. Já a termodormência, conhecida como dormência secundária, ocorre quando as sementes são expostas a um período prolongado a elevadas temperaturas, não germinando, mesmo que a temperatura seja reduzida ao nível ideal.

As condições do ambiente em que a semente amadurece podem influenciar a temperatura supra-ótima de germinação, podendo esta ser modificada pela manipulação do ambiente durante o período de produção de sementes de alface. Os processos que controlam a dormência em sementes e o possível mecanismo de germinação das sementes de alface, em condições de elevada temperatura, ainda não são totalmente entendidos.

A alface é uma espécie originalmente de clima ameno; no entanto, apresenta elevada demanda em diversas regiões do Brasil. Condições de elevadas temperaturas induzem o florescimento em alface, fator que estimula a produção de látex, o que torna o sabor das folhas amargo e inviabiliza a comercialização. As plantas, ainda, apresentam período vegetativo curto, necessitando antecipar a colheita, com conseqüente produção de alface de menor tamanho. Devido a elevada sensibilidade às condições climáticas, a avaliação de genótipos de alface em diferentes ambientes permite estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade que servem para caracterizar grupos de genótipos quanto à sua resposta relativa às variações de ambiente.

O Brasil ainda apresenta elevada dependência na importação de sementes de alface, principalmente do Chile. Diante disso, estudos relacionados ao desenvolvimento de sementes de alface termotolerantes, a fim de desenvolver a produção de sementes no território brasileiro, e estudos voltados para o desenvolvimento de plantas com florescimento tardio, capazes de se desenvolverem em regiões de clima quente, com tamanho adequado de planta e boa qualidade, são de grande importância para o progresso da pesquisa de alface no Brasil.

2. OBJETIVOS

Avaliar genótipos de alface produzidos em diferentes épocas e locais quanto a qualidade fisiológica das sementes e estudar diferentes métodos de obtenção de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade da tolerância ao calor.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar sementes de genótipos de alface quanto a qualidade fisiológica de sementes produzidas em casa de vegetação e campo aberto, em duas épocas, sendo verão/outono e outono/inverno.
- Estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alface pelas metodologias de Eberhart & Russell (1966), Cruz et al. (1989) e Carneiro (1998).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea, originária de regiões de clima temperado do norte do Mediterrâneo. Pertence à família Asteraceae e é uma planta anual que floresce sob dias longos e temperaturas altas (Filgueira, 2003).

A planta possui caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com coloração em vários tons de verde ou roxo, conforme a cultivar. Apresenta sistema radicular ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 25 cm de solo (Filgueira, 2003).

A planta é bastante influenciada por condições ambientais, sendo adaptada às temperaturas amenas, com faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento de 15,5 °C e 18,3 °C, apesar de tolerar faixas entre 26,6 a 29,4 °C, por alguns dias, desde que as temperaturas noturnas sejam mais baixas (Sanders, 2013). Temperaturas na faixa de 21,1 °C e 29,4 °C, por longos períodos, promovem a alongação do caule e prejudicam formação de cabeças comerciais. Para alface, a temperatura máxima tolerável fica em torno de 30 °C para a maioria das cultivares.

As condições ambientais em que a muda é produzida afetam sobremaneira o comportamento da planta adulta. Conforme Filgueira (2003), dias curtos e temperaturas amenas favorecem a planta durante o ciclo vegetativo e essa ocorrência de temperaturas amenas, além de favorecer a etapa vegetativa, ainda confere a planta resistência a baixas temperaturas e geadas leves. Geralmente, durante o verão, a maioria das cultivares de alface não se desenvolvem bem, devido as elevadas temperaturas, dias longos e excesso de chuva. Tais condições favorecem o pendoamento precoce, tornando as folhas leitosas e amargas, nesta situação, a colheita precisa ser antecipada, o que resulta em produtos de qualidade inferior e prejuízos para o produtor (Whitaker & Ryder, 1974).

No campo, o ciclo da alface varia de 65 a 80 dias, da semeadura à colheita, enquanto em estufa, o ciclo é reduzido de 45 a 50 dias. Atualmente, com a disponibilidade de numerosas cultivares de alface melhoradas, e com cultura sob casa de vegetação,

implantada no solo ou em hidroponia, a oferta do produto vem estabilizando-se ao longo do ano (Filgueira, 2013)

A alface é a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil, sendo consumida, principalmente, *in natura*, na forma de saladas e de forma crua ou fresca, destaca-se ainda os aspectos sociais, uma vez que é cultivada tradicionalmente por pequenos produtores. A alface é uma razoável fonte de vitaminas e sais minerais, cujo aproveitamento pelo organismo é favorecido por ser consumida crua, destacando-se pelo elevado teor de pró-vitamina A, sendo, contudo, menor o teor dessa vitamina nas folhas internas brancas das alfaces repolhudas (Caetano et al., 2001).

Ao contrário dos sistemas de produção americano e europeu, que contam com excelente sistema logístico ligado à cadeia de frio, o modelo brasileiro de produção baseia-se na produção de alface em cinturões verdes, próximos aos centros consumidores desta folhosa (Resende et al., 2015).

As cultivares de alface disponíveis são diversas e podem ser classificadas basicamente pelas características: formato da folha, tamanho e coloração das plantas (Suinaga et al., 2013). Logo, as cultivares de alface podem ser agrupadas em seis diferentes tipos: repolhuda manteiga, repolhuda crespa (americana), solta lisa, solta crespa, mimosa e romana, de acordo com o tipo de folha e a formação ou não da cabeça repolhuda (Santos et al., 2011b).

Segundo Sala & Costa (2012), a alface crespa é, hoje, o principal segmento cultivado no Brasil, com participação efetiva de 65% do mercado, no entanto a alface do tipo americana vem apresentando maiores índices de crescimento e aceitação pelo mercado consumidor (Resende et al., 2015), detendo 20% de participação, seguida pela alface lisa, com 10%. Já a alface romana roxa, extra frizz e outras participam com aproximadamente 5% do mercado (Suinaga et al., 2013). A elevação na demanda de variedades do tipo “americana” pode ser justificada pelo aumento do poder aquisitivo do consumidor e crescimento do número de estabelecimentos do tipo *fast food* (Sala & Costa, 2012).

O desenvolvimento de cultivares de alface adaptadas aos cultivos de verão tornou-se objeto de programas de melhoramento, uma vez que a hortaliça é consumida durante todo o ano e apresenta elevado valor econômico (Sala & Costa, 2012). Atualmente,

encontram-se no mercado cultivares adaptadas à elevadas temperaturas e que apresentam qualidade de textura e sabor (Resende et al, 2015).

A cultura da alface apresenta alta sensibilidade às condições ambientais e tal fato ocasiona problemas na germinação das sementes e ocasionam o pendoamento precoce. Logo, temperaturas acima de 20 °C estimulam o pendoamento da alface, que é acentuado à medida que a temperatura aumenta. Dias longos associados a temperaturas elevadas aceleram o processo de pendoamento (Nagai, 1980; Ryder, 1986; Viggiano, 1990). Assim, o início do alongamento da haste floral assinala o fim de estágio comercial e o começo da fase reprodutiva (Maluf, 1994).

O florescimento da alface é contínuo e sequencial. Aproximadamente 90% das sementes produzidas são originárias de flores que abrem nos primeiros 35 dias após a antese da primeira flor. O período de florescimento pode durar até 70 dias e, geralmente, sementes originárias dos dois primeiros surtos ou picos de floração são mais pesadas que as tardias. A antese ocorre pela manhã, entre 8 e 10 horas, e cada flor abre apenas uma vez, favorecendo a autofecundação. Uma planta de alface pode produzir até 20 gramas de sementes, dependendo do período de florescimento e tipo varietal (Sala & Costa, 2005).

A tendência ao pendoamento rápido ou mais lento caracteriza as cultivares como de inverno ou de verão. As variedades de inverno, quando cultivadas nesta época, normalmente formam cabeça. Porém, quando cultivadas no verão, emitem pendão floral precocemente, tornando-se impróprias para consumo (Maluf, 1994; Nagai & Lisboa, 1980).

A partir de trabalhos bem-sucedidos de melhoramento genético de alface foi possível a seleção de plantas com pendoamento tardio em plantios de verão, em cultivares do grupo “lisa”, uma vez que cultivares tradicionais da Europa foram inter cruzadas com cultivares de pendoamento tardio. Assim, importantes cultivares de alface “lisa”, como IAC 303, IAC 202 (Nagai, 1980) e Glória e Regina (Vecchia & Kikuchi, 1989) foram resultantes de tais trabalhos de seleção. Para as plantas do grupo “crespas”, dispõe-se da cultivar Brisa, obtida a partir da seleção de plantas de pendoamento tardio deste grupo e da cultivar Grand Rapids. As cultivares Grandes Lagos e Mesa 659 pertencem ao grupo “americana”, as quais apresentam características de tolerância a baixa umidade do ar e oscilações térmicas entre o dia e a noite.

LiHong & ShiJun (1995) ao estudar a base fisiológica da resistência ao calor em cultivares de alface, verificaram que a resistência ao calor estava relacionada à menor temperatura foliar e as altas taxas de transpiração em épocas quentes.

3.2 Produção de sementes de alface

O desenvolvimento e emprego de variedades melhoradas e/ou sementes híbridas de alto custo tem colaborado para o aumento da produção de hortaliças em um cenário agrícola altamente competitivo. A produção de sementes de hortaliças é uma atividade bastante especializada, normalmente realizada por empresas de grande porte, com elevado nível tecnológico e infra-estrutura. O sucesso das empresas produtoras de sementes de hortaliças está vinculado a fatores, como disponibilidade de cultivares, geralmente provenientes de programas de melhoramento genético vegetal, condições climáticas específicas de cada espécie e tecnologia de produção de sementes. Todos estes fatores influenciam na obtenção de sementes de alta qualidade (Nascimento & Melo, 2015).

Ainda segundo Nascimento & Melo (2015), o setor de produção de hortaliças apresenta grande destaque no agronegócio brasileiro. Dados de 2012/13, apresentados pela Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), mostram que as 18 principais culturas oleráceas propagadas por sementes rendem no atacado R\$ 26,84 milhões.

De modo a acompanhar as mudanças na cadeia produtiva, as empresas de sementes desencadearam novas estratégias, onde procuram se adequar às necessidades do setor produtivo, assim como ajustar as tendências de comportamento do consumidor, de forma a manter a competitividade. Embora exista alta tecnologia na produção de algumas espécies de hortaliças, com produção durante todo o ano, nas mais diversas regiões do país, a tecnologia de produção de sementes de hortaliças ainda necessita de investimentos em pesquisa (Nascimento & Melo, 2015)

Em meados dos anos 1980, a produção de alface foi baseada na utilização de mudas de raízes nuas produzidas através da semeadura em canteiros e posterior transplântio para o local definitivo. Esse sistema requeria um cultivo intensivo e o insumo semente utilizado era do tipo nua (Sala & Costa, 2012). A partir de 1982, com aumento

em meados de 1985, foi introduzido o sistema de bandeja de poliestireno expandido com produção de mudas em ambiente protegido, com o surgimento dos viveiristas. Com a prática de individualização e recipientização das mudas, a quantidade de semente nua utilizada para produção de mudas reduziu consideravelmente e houve introdução da tecnologia do uso de semente peletizada, que facilitou a produção de mudas em bandejas. Entre as mudanças implantadas no cultivo de alface, a tecnologia de produção de mudas com uso de sementes peletizadas, bandejas e substrato é uma das mais importantes (Sala & Costa, 2005).

Convém, ainda, destacar que o uso de sementes peletizadas agrega valor ao mercado sementeiro de alface. Evidencia-se a tendência das empresas optarem por trabalhar com sementes de elevado valor agregado associado a técnicas de peletização e priming de sementes (Nascimento & Melo, 2015).

Segundo Nery et al. (2007), apesar da disponibilidade de cultivares nacionais de hortaliças com características aceitáveis e da existência de áreas extremamente favoráveis para produção de sementes, há poucos estudos realizados nessa área. Além disso, ainda existe neste setor, uma grande dependência de importação de sementes.

3.3 Qualidade de sementes de alface

O estabelecimento rápido e uniforme de plântulas de hortaliças no campo é fundamental para se alcançar um estande adequado e garantir produtividade e qualidade do produto colhido. Sementes de baixa qualidade tendem a originar estandes desuniformes, com falhas na emergência de plântulas que comprometem a produtividade e padronização do produto colhido. Tanto para culturas onde se realiza a semeadura direta, quanto as que são produzidas mudas no viveiro e posteriormente transplantadas no campo, a utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para se obter população adequada de plantas. A qualidade da semente é crítica quando são utilizadas novas cultivares ou híbridos, onde o alto custo unitário das sementes determina a necessidade de utilização de tecnologias eficientes para maximizar a germinação e emergência de plântulas (Nascimento et al, 2011).

Busca-se constantemente o uso de sementes de alta qualidade, o qual deve ser enfatizado em toda a cadeia produtiva de hortaliças. Uma semente para ser considerada

de alta qualidade deve ter características fisiológicas e sanitárias, tais como elevada taxa de vigor, germinação e sanidade, bem como garantia de pureza física e varietal. Tais atributos são fundamentais para se alcançar o sucesso na produção de hortaliças. Logo, considera-se semente de alta qualidade aquela que germina rapidamente, originando uma plântula normal e sadia, livre de contaminações e com todas as estruturas essenciais desenvolvidas (Nascimento et al., 2011)

A qualidade fisiológica das sementes é determinada pela germinação e pelo vigor, que é o conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes em diferentes condições, estando relacionado com a velocidade de germinação e emergência em campo. Alta germinação e vigor são dois pré-requisitos para se alcançar um bom estabelecimento de plântulas e, conseqüentemente, elevada produtividade. Sementes de alto potencial fisiológico são essenciais para que ocorra germinação rápida e uniforme, devido sua influência no desempenho inicial das plantas (Marcos Filho, 1999).

A rapidez na germinação é essencial, pois reduz o grau de exposição das sementes e plântulas às intempéries. Em culturas de ciclo curto, como as hortaliças, o efeito do vigor da semente na produtividade e qualidade final do produto geralmente é mais evidente do que em culturas anuais, visto que a colheita é realizada ainda na fase de crescimento vegetativo da planta, antes que a mesma entre na fase reprodutiva (Tekrony & Egli, 1991).

O efeito do vigor da semente é importante para culturas em que o produto final a ser comercializado é a parte aérea da planta ou determinado órgão obtido da planta que foi colhida, devido a falhas no estande, com desuniformidade de plântulas, dificultando a padronização. Franzin et al. (2005), ao trabalhar com sementes de alface, verificaram que a qualidade das sementes exerceu influência na formação das mudas e lotes de sementes com maior qualidade inicial, detectados pelos testes de germinação e vigor realizado em laboratório. Estes autores concluíram que sementes de qualidade produzem maior porcentagem de mudas vigorosas, com maior número de folhas, maior altura da parte aérea e comprimento de raízes e maior massa aos 20 dias de cultivo.

A viabilidade das sementes é definida como sendo a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, como indicativo de aptidão para produzir plântula normal sob condições favoráveis (Nascimento, 2002).

O potencial fisiológico das sementes é avaliado em laboratório, pelo teste de germinação, que fornece resultados referentes às plântulas normais produzidas por um lote de sementes, de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS, as quais recomendam que sementes de alface sejam germinadas “sobre papel” (SP), “entre papel” (EP) ou “sobre areia” (AS). A temperatura de incubação deve ser constante de 20 °C ou 15 °C. A primeira contagem deve ser feita aos quatro dias e a contagem final aos sete dias após a instalação dos testes (Brasil, 2009).

O controle de qualidade de sementes deve ser realizado em todos os processos de produção, desde a instalação dos campos de produção até a comercialização de sementes. Assim, faz-se o monitoramento da qualidade, seja genética, fisiológica, física e sanitária, nas diferentes etapas do ciclo de produção (Nascimento et al., 2011).

O cultivo da alface destinado a produção de sementes segue as mesmas exigências e tratos culturais para o cultivo comercial, diferindo em relação à escolha da área, do clima e do espaçamento (Villela, 2009). No controle de qualidade, procura-se conhecer aspectos e exigências climáticas da espécie. Assim, a produção de sementes de alface é mais adequada em áreas de baixa pluviosidade e umidade relativa, sem risco de chuvas durante período de maturação das sementes, visto que chuvas inesperadas e/ou ventos fortes na fase de maturação das sementes pode ocasionar perdas substanciais (Hawthorn & Pollard, 1954).

O espaçamento na fileira recomendado varia de 40 a 50 cm entre plantas e 60 a 100 cm entre fileiras. A irrigação deve ser por gotejamento ou infiltração, evitando-se a irrigação por aspersão, pelo menos durante as fases de florescimento e maturação. Recomenda-se fazer a prática do *roguing* na fase vegetativa e antes do início do pendoamento, para remover as plantas atípicas e evitar contaminação no campo de sementes (Villela, 2009).

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes para fins de semeadura e comercialização tem sido rotineiramente baseada no teste de germinação. Contudo, em muitos casos, a porcentagem de germinação indicada no rótulo da embalagem de um determinado lote de sementes representa o potencial de germinação do lote, o que nem sempre representará o mesmo desempenho da semente no campo.

Conforme Panobianco & Marcos Filho (2001), o uso de testes de vigor são úteis no monitoramento da qualidade das sementes, já que diversos estudos indicam que o teste de germinação não traduz totalmente o potencial de desempenho de sementes de algumas espécies, como cenoura, ervilha, beterraba e tomate (Nascimento, 1994).

O vigor das sementes, embora não exigido, deve ser sempre avaliado no controle interno das empresas de sementes, juntamente com o teste de germinação. Para isso, testes de vigor devem estar disponíveis, visto que o conhecimento do vigor do lote poderá indicar com maior precisão o potencial de desempenho da semente no campo. Enfatiza-se, ainda, a preferência para o desenvolvimento de testes de vigor capazes de fornecer resultados com rapidez e precisão, sendo estes utilizados em tomadas de decisão para compra e venda de lotes para semeadura e armazenamento (Nascimento & Pereira, 2007).

Para grandes culturas, diversas espécies apresentam testes de vigor com procedimentos definidos e, relativamente padronizados. Constata-se grande eficácia de alguns testes para avaliação do potencial fisiológico; contudo, para muitas espécies de hortaliças, tais como alface, resultados de pesquisa ainda não têm possibilitado a definição da metodologia apropriada para avaliar o vigor e sua utilização em programas de controle de qualidade conduzidos em empresas produtoras de sementes de hortaliças (Franzin et al., 2004).

Portanto, o principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor em hortaliças está na definição e padronização de metodologia, os quais vão fornecer informações complementares às obtidas no teste de germinação.

3.4 Germinação e termodormência em sementes de alface

A germinação de sementes é definida como a protusão da radícula através do pericarpo da semente. Os maiores eventos que ocorrem na pré e pós germinação são absorção de água, ativação enzimática, degradação dos tecidos de reservas, início do crescimento do embrião, ruptura do pericarpo e estabelecimento de plântulas. A qualidade fisiológica das sementes é o primeiro aspecto a ser considerado para uma boa germinação (Nascimento, 2002).

As sementes de alface apresentam alta sensibilidade às condições do ambiente e tal fato ocasiona problemas na germinação. A temperatura ótima para o desenvolvimento da semente situa-se em torno de 20 °C, sendo que a maioria das cultivares não germinam em temperaturas superiores a 30 °C (Nascimento, 2002). Casos em que a temperatura aumenta de 2 °C a 3 °C acima da temperatura máxima suportada por um genótipo específico, a taxa de germinação reduz-se bruscamente (Sung et al., 1998a).

Quando ocorrem condições de altas temperaturas durante a embebição das sementes de alface, dois diferentes fenômenos podem ocorrer, sendo a termoinibição, processo reversível, uma vez que a germinação pode ocorrer quando a temperatura reduz para um nível adequado e a termodormência, também conhecido como dormência secundária. Tais sementes dormentes apresentam atraso na germinação, mesmo que haja redução da temperatura (Khan, 1980). Entretanto, a germinação ocorrerá se as sementes forem tratadas com reguladores de crescimento ou forem submetidas ao condicionamento osmótico (Nascimento, 2002). A termoinibição é uma condição mais transitória do que a termodormência, assim, prevenindo a termoinibição, é possível prevenir também o princípio da termodormência (Sung et al., 1998a).

O nível de termodormência e seus efeitos na germinação de sementes de alface dependem do genótipo (Gray, 1975; Thompson et al., 1979), de forma que temperaturas acima de 30 °C afetam a germinação das sementes e dependendo do local e da época de semeadura, a germinação das sementes pode ser errática ou nula, comprometendo a população de plantas da cultura. Segundo Sung et al. (1998a), o desenvolvimento de sementes de alface termotolerantes pode ser aperfeiçoado por meio de técnicas de melhoramento, desde que a característica de termotolerância seja herdada.

A luz e o ambiente em que a semente amadurece podem afetar a taxa de germinação quando estas estiverem em condições de temperatura supra-ótima. Sementes de alface fotossensíveis possuem um sistema de fitocromo funcional e, assim, a germinação é afetada pela irradiação da luz vermelha e da luz vermelha distante (Borthwich et al., 1952). A temperatura supra-ótima pode ser modificada pela manipulação do ambiente durante o período de produção de semente de alface (Harrington & Thompson, 1952).

Em condições de elevada temperatura, as sementes de alface são mais exigentes em luz para germinar adequadamente (Evenari et al., 1953; Vidaver & Hsiao, 1974;

Heydecker & Joshua, 1977; Blaauw-Jansen, 1981; Georghiou & Thanos, 1983; Saini et al., 1989). Nascimento (1998) relatou que a 35 °C, no escuro, sementes de alface germinam apenas 7% e não produzem etileno; sob luz, estas germinam 94% e produzem grande quantidade de etileno.

Damania (1986), em um estudo com sementes de alface, avaliou 62 genótipos de alface obtidos de diferentes localidades e indicou que sementes coletadas de locais com elevada temperatura tenderam a germinar em temperaturas mais elevadas. Além disso, a maturação de sementes em condições de altas temperaturas pode afetar o comportamento da germinação subsequente (Gray et al., 1988b; Koller, 1962). A porcentagem de germinação das sementes em elevadas temperaturas pode aumentar; entretanto, o tamanho da semente, peso e a produtividade podem ser reduzidas (Drew & Brocklehurst, 1990; Steiner & Opoku-Boateng, 1991).

Sung et al. (1998a), observaram que sementes de alface que amadurecem em temperaturas acima de 30 °C, apresentaram falhas na polinização, resultando na formação de sementes de menor tamanho. Contudo, observou-se, ainda, que com o decréscimo da temperatura, houve aumento no tamanho e o peso das sementes. Gray et al. (1988a), constatou que em cenoura, o aumento da temperatura, de 20/10 °C para 30/20 °C reduziu o peso da semente em aproximadamente 17%, mas não houve efeito da temperatura no peso do endosperma e do embrião, ou no número de células do endosperma. Os processos biológicos e bioquímicos que controlam a dormência em sementes e o possível mecanismo da germinação das sementes de alface, principalmente sob condições de alta temperatura, ainda não são totalmente entendidos (Nascimento, 2002).

O mecanismo de ação da germinação de sementes de alface em altas temperaturas pode estar relacionado com o enfraquecimento do endosperma, o qual permite o crescimento do embrião em elevada temperatura. O embrião da alface é completamente incluído dentro do endosperma onde a radícula deve penetrar para crescer e terminar a germinação, sendo assim, as primeiras horas de embebição são críticas para sementes de alface germinarem sob condições de altas temperaturas (Nascimento et al., 2004). Estudos realizados por Sung et al (1998b) sugerem que o endosperma representa a fonte de resistência, atuando como barreira física, quando o crescimento da radícula é iniciado.

O endosperma se apresenta como o principal órgão que impede o crescimento do embrião em sementes de alface (Sung et al., 2008). Para que ocorra a germinação, é

necessário que o embrião rompa barreiras físicas, as quais o envolvem. Assim, o enfraquecimento do endosperma é um fator essencial para que a radícula seja emitida (Nascimento, 2002). Como a parede celular do endosperma das sementes é constituída, principalmente, de polissacarídeos, como galactomananos, supõe-se que a enzima endo-beta-mananase poderia desempenhar importante papel, estando envolvida no enfraquecimento da parede celular do endosperma de sementes de alface (Sung et al., 2008). Segundo Nascimento, Cantliffe e Huber (2001), existe relação entre a atividade do endo-beta-mananase antes da protusão radicular e diminuição da resistência do endosperma com germinação em altas temperaturas. Assim, a temperatura máxima e crítica para germinação das sementes de alface depende do genótipo (Thompson et al., 1979). Sabe-se, ainda, que a temperatura no ambiente de desenvolvimento da planta mãe também influencia na tolerância da germinação das sementes.

O hormônio etileno pode, também, estar envolvido neste processo de enfraquecimento do endosperma da semente através de um mecanismo desconhecido, ou estar envolvido na regulação de enzimas responsáveis pela digestão da parede celular do endosperma, ou, ainda, a combinação de ambos (Nascimento & Cantliffe, 2002). Segundo Dunlap & Morgan (1977), a reversão da termo-dormência em alface pelo etileno ocorreu somente quando as sementes foram incubadas sob luz. Estudos mostraram que a evolução de etileno em sementes de alface irradiadas com luz aumentou duas horas antes da emissão da radícula, enquanto que na ausência de luz, sementes produziram pouco etileno (Saini et al., 1989). Logo, o etileno endógeno mostrou-se essencial para a diminuição da termo-inibição e conseqüentemente para a germinação de sementes de alface.

Nascimento & Cantliffe (2000) verificaram que sementes de alface “Everglades”, uma cultivar termo - tolerante, apresentaram baixa germinação quando foram embebidas à temperatura de 35 °C no escuro, tendo sido observada baixa atividade enzimática nestas condições. Foi observado, também, uma correlação significativa entre a atividade da enzima endo-beta-mananase na região micropilar pouco antes da emissão da radícula, e a porcentagem de germinação. Ainda em trabalhos com cultivar “Everglades”, Nascimento & Pereira (2007) observaram que a germinação reduziu de 81% a 20 °C para 6% na temperatura de 35°C. Estes corroboraram com os resultados do trabalho de Bertagnolli et al. (2003), que realizaram testes nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C e afirmaram que a partir de 25 °C a velocidade de emergência e porcentagem de germinação reduzem.

A germinação e vigor da semente também são afetados pelo tempo de exposição a altas temperaturas. Conforme Santos et al. (2011a), após 96 horas de exposição a temperaturas de 41 °C, algumas cultivares de alface podem apresentar 0% de germinação. Esse é um fato importante, já que as sementes após atingirem o ponto de maturidade fisiológica podem permanecer no campo até serem colhidas, ficando expostas a possíveis dias com temperaturas elevadas, o que pode levar a perda do potencial de germinação.

3.5 Adaptabilidade e estabilidade na cultura da alface

O desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições de cultivo do território nacional tem sido efetivado por meio de programas de melhoramento genético de alface desenvolvidos no Brasil por empresas nacionais e instituições de pesquisa (Sala & Costa, 2012).

Com os avanços no melhoramento genético de alface no Brasil, novas cultivares têm sido colocadas à disposição dos produtores (Echer et al., 2001), contribuindo com a sustentabilidade da alfacicultura. A adaptação de uma cultivar em uma ampla extensão de ambientes é considerada de interesse para o pesquisador; contudo, dificuldades surgem invariavelmente quando as cultivares interagem com o ambiente (Borém, 1997). A alface é cultivada durante todo o ano e em diferentes estações climáticas, assim, espera-se elevada ocorrência de interação genótipo x ambiente (Gualberto et al., 2009).

Conforme Cruz e Castoldi (1991), a existência de interação está associada a dois fatores, sendo o primeiro denominado parte simples, provocado por diferenças de variabilidade entre genótipos nos ambientes; e o segundo denominado parte complexa, motivado pela falta de correlação entre genótipos. Neste caso, a interação aumenta a complexidade no melhoramento, uma vez que indica a inconsistência da superioridade do genótipo com relação à variação ambiental.

Embora os estudos relacionados a interação genótipos x ambientes sejam de grande importância em programas de melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Assim, análises de adaptabilidade e estabilidade são realizadas a fim de identificar cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Cruz et al., 2004),

Existem diversas definições na literatura da adaptabilidade e estabilidade. Mariotti et al. (1976), caracterizam adaptabilidade como a capacidade potencial dos genótipos de responderem vantajosamente ao estímulo e estabilidade como a capacidade dos genótipos de exibirem um desempenho constante em função da variação ambiental. Para Cruz & Regazzi (2001), o termo adaptabilidade refere-se à capacidade de as populações aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto estabilidade refere-se à capacidade das populações desempenharem um comportamento previsível em função do estímulo do ambiente. Conforme Eberhart & Russel (1966) e Tai (1971), a medida mais eficiente, menos onerosa e mais fácil para amenizar as influências da interação genótipos x ambientes é a obtenção de cultivares com maior estabilidade.

No caso de alface, são poucos os estudos sobre interação genótipo x ambiente. Com relação a adaptabilidade e estabilidade na cultura de alface, destacam-se os trabalhos realizados por Sediya et al. (2003), Figueiredo et al. (2004), Gualberto et al. (2009) e Nascimento (2016).

Atualmente, há vários métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade destinados à avaliação de um grupo de materiais genotípicos testados. Dentre os vários métodos existentes destacam-se os baseados na variância da interação genótipo x ambiente (Plaisted; Peterson, 1959; Wricke, 1965.); regressão linear simples (Eberhart & Russell, 1966; Finlay & Wilkinson, 1963; Tai, 1971); regressão linear bi-segmentada (Cruz et al., 1989; Silva & Barreto, 1985; Verma et al., 1978); modelos não lineares (Chaves et al., 1989); não paramétricos (Annichiarico, 1992; Carneiro, 1998; Huenh, 1990; Lin & Binns, 1988; Rocha et al, 2005). A escolha de uma metodologia depende dos dados experimentais, especialmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (Cruz & Regazzi, 1997).

Os métodos propostos por Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russell (1966), baseiam-se em análise de regressão linear, os quais medem a resposta de cada genótipo às variações ambientais. O método proposto Eberhart e Russell (1966) é um aprimoramento da metodologia de Finlay e Wilkinson (1963), diferindo dela por não transformar os dados que serão analisados e, também, por estimar os desvios de regressão dos genótipos, o qual é outro estimador para caracterizar a estabilidade. Esse desvio é compreendido como a previsibilidade da produção do material genético sob estímulo ambiental.

Na metodologia de Eberhart e Russell (1966), o índice ambiental é obtido pela diferença entre a média de todas as cultivares, em dado ambiente, e a média geral. Quando o desvio de regressão não é significativo, isto é, quando for estatisticamente igual à zero, seu comportamento terá alta previsibilidade segundo uma resposta dada pelo coeficiente de regressão linear; quando significativo, demonstra instabilidade e imprevisibilidade. Portanto, quanto menor o valor do desvio, mais estável será o comportamento do genótipo. O coeficiente de regressão linear (β_1), por sua vez, estima a adaptabilidade da cultivar, ou seja, sua capacidade de aproveitar vantajosamente o estímulo ambiental. Considerando esse parâmetro, os genótipos podem ser classificados como de adaptabilidade geral ($\beta_1 = 1$), específica a ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$) e, ainda, a ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$). Uma medida auxiliar de comparação entre genótipos é o coeficiente de determinação R^2 , que expressa a maior ou menor consistência explicativa da regressão utilizada (Cruz; Regazzi, 1997). Cultivares que apresentam R^2 acima de 80%, mesmo com desvios de regressão significativos, podem ser selecionados. Segundo Eberhart e Russel (1966), a cultivar ideal é aquela com produção média alta, coeficiente de regressão igual à unidade e com desvio de regressão o menor possível.

Cruz e Carneiro (2003) e Duarte e Vencovsky (1999), argumentam que a análise de regressão linear não é informativa se a linearidade falhar, sendo altamente dependente do grupo de genótipos e ambientes incluídos, além de tender a simplificar modelos de resposta, explicando a variação devido à interação em uma única dimensão, sendo que esta poderia ser complexa.

Apesar de ser amplamente utilizado, o método de regressão de Eberhart e Russell (1966), por ser um método baseado em regressão, também apresenta limitações, visto que o índice ambiental é calculado em função das médias dos genótipos em cada ambiente. Acarretando na não validade dos testes de hipótese, quando o número de ambientes e, ou, genótipos avaliados é pequeno (Cruz & Regazzi, 2001).

Verma et al. (1978) propuseram um método baseado na regressão linear bi-segmentada, capaz de medir a resposta do genótipo diante de dois tipos de ambientes caracterizados como favoráveis (índice ambiental positivo) e desfavoráveis (índice ambiental negativo). Dessa forma, tem-se duas equações, sendo que o genótipo ideal é caracterizado como aquele que apresenta alta capacidade produtiva associada à elevada estabilidade em ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$), além de ser o mais responsivo à

melhoria ambiental ($\beta_1 + \beta_2 > 1$). Tal conceito tem sido utilizado tanto na metodologia proposta por Silva e Barreto (1985), quanto nas de Cruz et al. (1989) e Carneiro (1998).

Silva e Barreto (1985) propuseram a utilização de uma única regressão linear constituída de dois segmentos de reta, com união no ponto correspondente no valor zero do índice ambiental. Cruz et al. (1989) propuseram uma modificação na análise de regressão bissegmentada, apresentada por Silva e Barreto (1985), que contribuíram para facilitar a estimação dos parâmetros e melhorar a precisão das estimativas tornando-a mais simples e com propriedades mais adequadas aos propósitos do melhoramento de plantas (Cruz & Regazzi, 2001). As metodologias diferem no fato das linhas de regressão do método de Cruz et al. (1989) não se tocarem necessariamente no ponto onde $I_j = 0$, como ocorre no método de Silva e Barreto (1985), assim, há descontinuidade na regressão.

Nas duas técnicas permanece a concepção original de adaptabilidade e estabilidade proposta por Verma et al (1978), que permite a caracterização de cada genótipo por dois diferentes coeficientes de regressão, ao invés de um, como em Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russell (1966), além do uso de desvios de regressão para estimar previsibilidade de comportamento de cada genótipo. Logo, nos ambientes desfavoráveis, o parâmetro que caracteriza a adaptabilidade é coeficiente de regressão β_1 , e nos ambientes favoráveis é o coeficiente $\beta_1 + \beta_2$. Enquanto a estabilidade é descrita pela variância do desvio de regressão σ^2 e pelo coeficiente de determinação (R^2). Segundo o método de Cruz et al (1989), o genótipo desejável é aquele com média alta, menor valor possível de β_1 nos ambientes inferiores, alto valor de $\beta_1 + \beta_2$. nos ambientes superiores e apresenta variância o mais próximo de zero.

Conforme Vencovsky e Barriga (1992), o método de Eberhart e Russell (1966) deve ser empregado quando se dispõe de um número de ambientes de três a sete, indicando que para um pequeno número de ambientes, este método, é o único viável. Em situações em que o número de ambientes for igual ou maior que oito, o modelo bissegmentado pode ser adotado.

Os métodos não paramétricos disponíveis apresentam vantagens aos paramétricos, tais como a tendenciosidade causada por pontos fora da equação de regressão ajustada é reduzida ou eliminada, não é necessário assumir qualquer hipótese sobre a distribuição dos valores fenotípicos, as medidas estimadas com base nas classificações são de fácil

uso e interpretação, a adição ou retirada de um ou poucos genótipos não seria causa de grandes variações nas estimativas e o uso em outras aplicações, como, por exemplo, seleção em programas de melhoramento (Huehn, 1990). Dentre os métodos não paramétricos disponíveis para análise há os métodos propostos por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e o método do centroide proposto por Rocha et al. (2005) modificado por Nascimento et al. (2009).

O método proposto por Lin e Binns (1988), permite a identificação de genótipos com desempenho próximo ao máximo nos vários ambientes testados. Essa metodologia consiste em estimar para cada genótipo a estatística P_i , que é definida como uma medida de superioridade máxima de um cultivar, que representa o quadrado médio da distância entre a resposta do genótipo que apresenta produtividade máxima, entre todos os genótipos de um determinado ambiente. Quanto menor esse parâmetro, mais estável será o genótipo. Logo, o genótipo ideal é o que apresenta a menor estimativa de P_i , sendo aquele que apresentar melhor desempenho no maior número de ambientes possível.

Carneiro (1998) apresentou algumas modificações no método proposto por Lin e Binns (1988) a fim de torná-lo mais adequado à avaliação da performance genotípica e recomendação de cultivares. Na metodologia de Carneiro (1998), o estimador P_i foi decomposto nas partes devidas à ambientes favoráveis e desfavoráveis, introduzindo o conceito de genótipo ideal definido por Verma et al. (1978) e também utilizou o princípio de cálculo de áreas, segundo Hernandez et al. (1993), apresentando o método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação (CV). O parâmetro P_i foi denominado MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento).

Segundo Cruz e Carneiro (2003), a estimativa do parâmetro MAEC torna o método mais adequado aos propósitos da recomendação de cultivares, já que fornece um direcionamento da resposta aos diferentes tipos de ambiente.

O método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) apresenta resultados satisfatórios e maior facilidade de interpretação, além de discriminar melhor os genótipos quanto ao desempenho, tanto em ambientes favoráveis quanto em desfavoráveis (Barros et al., 2010; Backes et al., 2005; Nascimento Filho et al., 2009).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 46, p. 269-278, 1992.
- BACKES, R. L.; ELIAS, H.T.; HEMP, S.; NICKENICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 309-314, 2005.
- BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; FIDELIS, R.R.; CRUZ, C.D.; REIS, M.S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 359-366, 2010.
- BERTAGNOLLI, C. M. et al. Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 7-13, jul. 2003.
- BLAAUW-JANSEN, G. Differences in the nature of thermodormancy and far-red dormancy in lettuce seeds. **Physiologia Plantarum**, v. 53, p. 553- 557, 1981.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV. 547p, 1997.
- BORTHWICH, H.A., HENDERICKS, S.B.; PARKER, M.W.; TOOLE, E.H.; TOOLE, V.K. A reversible photoreaction controlling seed germination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 38, p. 662-666, 1952.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. 398 p.
- CAETANO, L.C.S. et al. **A cultura da alface: perspectivas, tecnologias e viabilidade**. Niterói: PESAGRO- RIO, 2001. 23 p.
- CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 155f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- CHAVES, L. J.; VENCOVSKY, R.; GERALDI, I. O. Modelo não-linear aplicado ao estudo da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 259-268, 1989.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas**. 3. ed. Viçosa: UFV, 585 p, 2003.
- CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em parte simples e complexas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 38, n. 219, p. 422-430, 1991.
- CRUZ, C.D. et al. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.567-580, 1989.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed.rev. Viçosa, Editora UFV, 2001. 390p

- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. Ed. Viçosa: UFV, 2004. V. 1, 480 p.
- DAMANIA, A. B. Inhibition of seed germination in lettuce at high temperature. **Seed Research**, New Delli, v. 14, p. 177-184, 1986.
- DREW, R.L.K; BROCKLEHURST, P.A. Effects of temperature of mother plant environment on yield and germination of seeds of lettuce (*Lactuca sativa*). **Annals Botany**. v. 66, p. 63-71, 1990.
- DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipo x ambientes**: uma introdução à análise AMMI. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Série monográfica, 9).
- DUNLAP, J.R. & MORGAN, P.W. Reversal of induced dormancy in lettuce by ethylene, kinetin, and gibberellic acid. **Plant Physiology**, v. 60, p. 222-224, 1977.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p. 36-40, 1966
- ECHER M.M.; SIGRIST, J.M.M.; GUIMARÃES, V.F.; MINAMI, K. Comportamento de cultivares de alface em função do espaçamento. **Revista de Agricultura**. v.76, p. 267-275, 2001.
- EVENARI, M.; NEUMANN, G. & STEIN, G. Factors modifying the influence of light on germination. **Nature**, v. 172, p. 452-453, 1953.
- FIGUEIREDO, E.B.; MALHEIROS, E.B.; BRAZ, L.T. Interação genótipos x ambientes em cultivares de alface na região de Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**. v. 22, p. 66-71, 2004.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª. ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. 412 p.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.14, p.742-754, 1963.
- FRANZIN, S. M. et al. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 63-69, 2004.
- FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; SANTOS, O.S. Efeito da qualidade das sementes sobre a formação de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.193-197, 2005.
- GEORGHIOU, K. & THANOS, C.A. Phytochrome control of skotodormancy release in Grand Rapids lettuce achenes. **Physiologia Plantarum**, 57:352-356, 1983.
- GRAY, D. Effects of temperature on the germination and emergence of lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties. **HortScience**, Alexandria, v. 50, p. 349-361, 1975.

GRAY, D.; WURR, D.C.E.; WARD, J.A.; FELLOWS, J.R. Influence of post-flowering temperature during seed development, and subsequent performance of crisp lettuce. **Ann. Appl. Biol.** v. 113, p. 391-402, 1988 b.

GRAY, D.J.; STECKET, J.; BROCKLEHURST, P.A. Some effects of temperature during seed development on carrot (*daucus carota*) seed growth and quality. **Annals of Applied Biology.** v. 112, p. 367-376, 1988 a.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P.S.R.; GUIMARÃES, A.M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira** 27: 007-011. 2009.

HARRINGTON, J.F.; THOMPSON, R.C. Effect of variety and área of production on subsequent germination of lettuce seed at high temperature. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science.** v. 59, p. 445-450, 1952.

HAWTHORN, L.R., POLLARD, L.H. **Vegetable and Flower Seed Production.** New York: Blokiston, 1954. 626 p. cap. 17 Growing the Annual Flower Seeds. p. 491-522.

HERNANDES, C.M.; CROSSA, J.; CASTILLO, A. The area under the function: na index for selecting desirable genotypes. **Theoretical and Applied Genetics.** Berlim, v. 87, n.4, p. 409-415, 1993.

HEYDECKER, W. & JOSHUA, A. Alleviation of the thermodormancy of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds. **Journal for Horticultural Science,** v. 52, p. 87-98, 1977.

HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part I: theory. **Euphytica.** v.47, p.189-194, 1990.

KHAN, A.A. Hormonal regulation of primary and secondary seed dormancy. **Israel J. Bot.** v. 29, p. 207-224, 1980.

KOLLER, D. Preconditioning of germination in lettuce at time of fruit ripening. **American Journal of Botany.** v. 49, p. 841-844, 1962.

LIHONG, G.; SHIJUN, L. Physiological bases of heat tolerance in regenerated lettuce. **Journal of Nanjing Agricultural University,** v. 17, n. 2, p. 23-27, 1994. /Resumo em CAB Abstracts on CD-ROM, 1995/

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

MALUF, W. R. **Produção de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.).** In: PRODUÇÃO de sementes de hortaliças. Lavras: UFLA, 118 p. Apostila. 1994.

MARCOS FILHO, J. **Testes de vigor:** Importância e Utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C. VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999, cap.1, p.1.1-1.20.

MARIOTTI, J.A.; OYARZABAL, E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G.H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de uma localidad experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino,** v. 13, n. 14, p. 105-127, 1976.

MOHAMMADI, R.; HAGHPARAST, R.; AGHAEI, M.; ROSTAEI, M.; POURDAD, S.S. Biplot Analysis of Multi-Environment Trials for Identification of Winter Wheat Megaenvironments in Iran. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.3, p.475-480, 2007.

NAGAI, H. Obtenção de novas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) resistentes ao mosaico e ao calor: Brasil – 303 e 311. **Revista de Olericultura**, Botucatu, v. 18, p. 14-21, 1980.

NAGAI, H.; LISBÃO, R.S. Observação sobre resistência ao calor em alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista de Olericultura**, Botucatu, v. 18, p. 7-13, 1980.

NASCIMENTO FILHO, F.J.; ATROCH, A.L.; CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Adaptabilidade e estabilidade de clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1139-1144, 2009.

NASCIMENTO, G. R. **Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alface (*Lactuca sativa* L.) em diferentes épocas e condições de cultivo**. 2016. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2016.

NASCIMENTO, M.; CRUZ, C. D.; CAMPANA, A. C. M.; TOMAZ, R. S.; SALGADO, C. C.; FERREIRA, R P. Alteração no método centróide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 263-269, mar, 2009.

NASCIMENTO, W. M. **A importância da qualidade de sementes olerícolas**. A lavoura, Rio de Janeiro, p. 38-39, 1994.

NASCIMENTO, W. M.; CANTILIFFE, D. J. Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 103-106, mar. 2002.

NASCIMENTO, W. M.; CANTILIFFE, D. J. Produção de etileno, atividade de endo-beta- mananase e germinação de sementes de alface em resposta a luz e temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 1-5, jul. 2000.

NASCIMENTO, W. M.; CANTILIFFE, D. J.; HUBER, D. j. Endo-beta-mannanase activity and seed germination of the thermosensitive and thermotolerant lettuce genotypes in response to seed priming. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 11, n.3, p. 255-264, 2001.

NASCIMENTO, W. M.; CANTILIFFE, D. J.; HUBER, D. J. Ethylene evolution and endo-beta-mannanase activity during lettuce seed germination at high temperature. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 156-163, 2004.

NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D.A.F.S.; SILVA, P.P. **Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo**. In: XI Curso sobre Tecnologia de Produção de Sementes de Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças. Apostila. 2011.

NASCIMENTO, W. M.; MELO, P. C. T. de. **Desafios e oportunidades na produção de sementes de hortaliças no Brasil**. Seed News, ano XIX, n. 3, maio/junho 2015. Disponível

em:http://www.seednews.inf.br/html/site/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=24. Acesso em: 19 de outubro de 2015.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 175-179, 2007.

NASCIMENTO, W.M. Germinação de sementes de alface. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2002. 10 p. (Circular Técnica, 29).

NASCIMENTO, W.M. **Involvement of ethylene and endo-beta-mannanase in lettuce seed germination at high temperature**. 1998, 140p. Tese de Doutorado. University of Florida, 1998.

NERY, M.C.; NERY, F.C.; GOMES, L.A.A. **O mercado e a participação de hortaliças no Brasil**. 2007. Disponível em: http://www.infobibos.com/artigos/2007_1/sementes/index.htm

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 525-531, 2001.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, v. 36, n. 11, p. 381-385, 1959.

RESENDE, G. M. de.; YURI, J.E.; COSTA, N. D.; GOMES, A. S. Qual cultivar? **Cultivar HF**, p. 9-11, fevereiro/março 2015.

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, p.255-266, 2005

RYDER, E. J. Lettuce breeding. In: BASSET, M. (Ed.). **Breeding vegetable crops**. Westport: AVI, P. 433-474. 1986.

SAINI, H.S.; CONSOLACION, E.D.; BASSI, P.K. & SPENCER, M.S. Control processes in the induction and relief of thermoinhibition of lettuce seed germination. Actions of phytochrome and endogenous ethylene. **Plant Physiology**, v. 90, p. 311-315, 1989.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. da. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p 187-194, jun. 2012.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. da. A evolução da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 158-159, 2005.

SANDERS, D.C. **Lettuce production**. 2013. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil=11>>. Acesso em 05 de novembro de 2015.

SANTOS, D. et al. Produção comercial de cultivares de alface em bananeiras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 609-612, dez. 2011b.

SANTOS, F. dos et al. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade de sementes de alface e almeirão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 322-330, 2011a.

SEDIYAMA, M.A.; GRANATE, M.J.; SIVA, D.J.H.; COUTINHO, F.M.A. Adaptabilidade e desempenho de cultivares de alface sob adubação mineral e orgânica.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43. **Resumos...** Recife: SOB (CD-ROM). 2003

SILVA, J.G.C.; BARRETO, J.N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1985, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1985. p.49-50.

STEINER, J.J.; OPOKU-BOATENG, K. Natural season-long and diurnal temperature effects on lettuce seed production and quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v. 116, p. 396-400, 1991.

SUINAGA, F. A; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal crespa. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, (Comunicado técnico). 2013.

SUNG, Y. et al. Structural changes in lettuce seed during germination at high temperature altered by genotype, seed maturation temperature, and seed priming. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 133, n. 2, p. 300-311, 2008.

SUNG, Y.; CANTLIFFE, D.J.; NAGATA, R.T. Seed developmental temperature regulation of thermotolerance in lettuce. **Society of Horticultural Science**. v. 123, n. 4, p. 700-705. 1998 a.

SUNG, Y.; CANTLIFFE, D.J.; NAGATA, R.T. Using a puncture test to identify the role of seed coverings on thermotolerant lettuce seed germination. **Journal of the American Society of Horticultural Science**. v. 123, n. 6, p. 1102-1106, 1998b.

TAI, G.C.C. Genotypic stability analysis and its application to potato trials. **Crop science**, v. 11, n. 2, p. 184-190, 1971.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 816-822, 1991.

THOMPSON, P. A.; COX, S. A.; SANDERSON, R. H. Characterization of the germination responses to temperature of lettuce (*Lactuca sativa* L.) achenes. **Annals of Botany**, London, v. 43, p. 319-334, 1979.

VECCHIA, P.T.D.; KIKUCHI, M. "Glória": nova cultivar de alface lisa resistente ao florescimento prematuro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 29-30, 1989.

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

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis; a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v.53, p.89-91, 1978.

VIDAVER, W. & HSIAO, A.I.H. Actions of gibberellic acid and phytochrome on the germination of Grand Rapids lettuce seeds. **Plant Physiology**, 53:266-268, 1974.

VIGGIANO, J. **Produção de sementes de alface**. In: CASTELLANE, P. D. (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990. P. 1-15.

VILLELA, R. P. **Influência da temperatura na produção e qualidade fisiológica de sementes de alface.** 2009. 81 p. Tese (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras.

WHITAKER, T.W.; RYDER, E.J. **Lettuce production in the United States.** Washington: USDA, 1974. 218 p.

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

CAPÍTULO 1

PRODUÇÃO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ALFACE EM DIFERENTES AMBIENTES

RESUMO

A alface é uma hortaliça folhosa, de grande importância econômica e social, sendo cultivada em várias partes do mundo e essencial na dieta brasileira. No Brasil, apesar da disponibilidade de cultivares nacionais com boas características e existência de regiões favoráveis à produção de sementes, poucos são os estudos realizados no sentido de avaliar o efeito do ambiente no comportamento das sementes de alface, que são extremamente sensíveis às condições ambientais. Além disso, ainda é grande a dependência de importação de sementes, devido à falta de incentivo e tecnologias adequadas à produção de sementes em cultivo protegido. As sementes de alface apresentam alta sensibilidade às condições ambientais, assim, dependendo do local e época de semeadura, a germinação das sementes pode ser errática ou nula. Diante disso, o trabalho teve como objetivo avaliar genótipos de alface quanto à qualidade fisiológica das sementes produzidas em condição de campo aberto e casa de vegetação, em telado, e em duas épocas de semeadura, nos meses de dezembro (2015) e abril (2016). O experimento foi conduzido na Estação Experimental e no Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Hortaliças, sendo a produção de sementes realizada em dois locais, campo aberto e no telado, em duas épocas, verão/outono (1ª época), com semeadura em dezembro/2015 e outono/inverno (2ª época), com semeadura em abril 2016. Os genótipos de alface avaliados foram Everglades, Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea e BRS Leila e o delineamento foi inteiramente casualizado com duas repetições para as características teor de água e peso de mil sementes, e quatro repetições para peso por parcela, teste de germinação a 20°C e 35°C, primeira contagem de germinação a 20°C e 35°C, índice de velocidade de germinação a 20°C e 35°C, comprimento de raiz, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado a 48 e 72 horas e condutividade elétrica. A produção em cultivo protegido, no telado, mostrou-se vantajosa comparada ao campo aberto, visto que as sementes apresentaram maior produtividade e qualidade fisiológica, independente da época de semeadura. Considerando as épocas de produção, no período verão/outono (1ª época), as plantas apresentaram melhor desenvolvimento e produção de sementes. Já no período outono/inverno (2ª época), houve elevada perda de plantas devido a ocorrência de vírus tanto em campo aberto, quanto no cultivo protegido. Entre os genótipos produzidos no verão, Everglades e Vanda apresentaram elevada capacidade de germinação quando embebidas a 35°C, enquanto os demais genótipos avaliados apresentaram germinação errática ou nula. Portanto, os testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação a 20°C, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência, comprimento de raiz, envelhecimento acelerado (48 e 72 horas) e condutividade elétrica, foram eficientes para avaliação do potencial fisiológico das sementes de alface.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., vigor, germinação.

ABSTRACT

Lettuce is a leafy vegetable, of great economic and social importance, being cultivated in several parts of the world and essential in Brazilian diet. In Brazil, despite the availability of national cultivars with good characteristics and existence of favorable regions for seed production, few studies have been carried out to evaluate the effect of the environment on the behavior of lettuce seeds, which are extremely sensitive to environmental conditions. In addition, the importation of seeds is high, due to the lack of incentive and adequate technologies to produce seeds in greenhouses. The seeds of lettuce show sensitivity to environmental conditions, thus, depending on the location and time of sowing, the seeds germination can be erratic or absent. The objective of this work was to evaluate lettuce genotypes on the physiological quality of the seeds produced in open field and greenhouse, in two sowing seasons, in the months of December and April. The experiment was conducted at the Experimental Station and Seed Analysis Laboratory at Embrapa Vegetables. Seed production was carried out at two sites, open field and greenhouse, in two seasons, summer / autumn (1st season), with sowing in December / 2015 and autumn / winter (2nd season), with sowing in April 2016. The experiment was conducted at the Experimental Station and Seed Analysis Laboratory at Embrapa Vegetables. Seed production was carried out at two sites, open field and screened, in two seasons, summer / fall (1st season), with sowing in December (2015). The lettuce genotypes evaluated were Everglades, Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea and BRS Leila and the design was completely randomized with two repetitions for the water content and weight characteristics, and four repetitions for seed germination test at 20 ° C and 35 ° C, first germination count at 20 ° C and 35 ° C, coefficient of velocity at 20 ° C and 35 ° C, Root length, emergence, emergence coefficient of velocity, accelerated aging at 48 and 72 hours and electrical conductivity. The production in greenhouse was advantageous compared to the open field, since the seeds presented higher productivity and physiological quality, in both seasons. Considering the production seasons, in the summer / autumn period (1st season), the plants presented better development and seed production. In the autumn / winter period (2nd season), there was a high loss of plants due to the occurrence of viruses both in the open field and in the protected crop. Among the genotypes produced in the summer, Everglades and Vanda presented high germination capacity when soaked at 35 ° C, while the other evaluated genotypes presented erratic or none germination. Thus, germination tests, first count and coefficient of velocity at 20 ° C, seedling emergence and emergence coefficient of velocity, root length, accelerated aging (48 and 72 hours) and electrical conductivity were all efficient to evaluate physiological quality of lettuce seeds.

Key words: *Lactuca sativa* L., vigour, germination.

1. INTRODUÇÃO

A alface é uma hortaliça folhosa pertencente à família Astereceae, de grande importância econômica e social, sendo cultivada em várias partes do mundo e essencial na dieta brasileira. No Brasil, a alface se destaca como a folhosa de maior volume de comercialização, podendo ser utilizada de diversas maneiras, sendo consumida principalmente na forma *in natura*.

O mercado de sementes de olerícolas vem crescendo e evoluindo ao longo dos anos, atingindo em 2012, um faturamento de R\$ 475 milhões (ABCSEM, 2014). Apesar disso, há poucos trabalhos conduzidos de forma a fornecer informações sobre produção de sementes de hortaliças.

No Brasil, apesar da disponibilidade de cultivares nacionais com boas características e existência de regiões favoráveis à produção de sementes, poucos são os estudos realizados no sentido de avaliar o efeito do ambiente no comportamento das sementes de alface, que são extremamente sensíveis às condições ambientais. Além disso, ainda é grande a dependência de importação de sementes, devido à falta de incentivo e tecnologias adequadas à produção de sementes em cultivo protegido (Menezes et al., 2001), no qual se tem maior controle sobre o ambiente. A produção nesse sistema permite a obtenção de sementes de melhor qualidade, tanto fisiológica quanto sanitária. Nesse contexto, estudos sobre produção de sementes de alface em diferentes épocas de semeadura e locais de produção, incluindo cultivo protegido, podem contribuir para expansão e melhoria do nível tecnológico da produção de sementes, visando determinar novas tecnologias para produção de sementes de alta qualidade fisiológica e sanitária.

As sementes de alface apresentam alta sensibilidade às condições ambientais, assim, dependendo do local e época de semeadura, a germinação das sementes pode ser errática ou nula (Nascimento, 2002), ou reduzir a qualidade e atrasar a produção de mudas (Menezes et al., 2001). A temperatura ótima está em torno de 20°C, e em geral, acima de 30°C, a germinação das sementes é afetada, reduzindo a velocidade ou porcentagem de germinação (Nascimento, 2002). A dormência de sementes de alface é controlada pelo genótipo, mas sempre associada a fatores ambientais, como temperatura elevada ou, ainda, fatores físicos como espessura do tegumento.

Durante o desenvolvimento das sementes, a temperatura pode afetar subsequentemente a germinação (Gray et al., 1988; Drew & Brocklehurst, 1990; Steiner & Opoku-Boateng, 1991). Dessa forma, sementes de alface produzidas em regiões de clima quente germinam melhor em altas temperaturas (Harrington & Thompson, 1952; Damania, 1986). Em razão disso, a escolha da época mais adequada de semeadura e do local de produção, de forma a coincidir as condições climáticas mais favoráveis e exigências da planta são fatores essenciais na produção de sementes de alface.

2. OBJETIVO GERAL

O trabalho teve como objetivo avaliar genótipos de alface quanto à qualidade fisiológica das sementes produzidas em condição de campo aberto e casa de vegetação, em duas épocas de semeadura.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar genótipos de alface quanto a qualidade fisiológica de sementes produzidas em dois locais e em duas épocas;
- Realizar teste de envelhecimento acelerado em dois períodos, sendo 48 e 72 horas;
- Realizar teste de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação de sementes de alface em duas temperaturas, sendo 20°C e 35°C;
- Realizar teste de condutividade elétrica;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização experimental, condições de cultivo e época

O experimento foi conduzido na Estação Experimental e no Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Hortaliças, DF-158, área rural de Ponte Alta, Distrito Federal e localizada geograficamente a 15° 56' de latitude e 48° 08' de longitude e 997,6 metros de altitude.

A produção de sementes foi realizada em dois locais, sendo campo aberto (CA) e em cultivo protegido, no telado (T). O plantio foi realizado em duas épocas. No verão/outono, com semeadura no dia 21 de dezembro de 2015 (1ª época) e no outono/inverno, com semeadura no dia 8 de abril de 2016 (2ª época).

A medição da temperatura foi feita utilizando termômetro de máximas e mínimas mediante sensor datalog instalado junto com os experimentos.

3.2 Genótipos

Os genótipos de alface utilizados foram: Everglades, do tipo lisa, apresenta ciclo precoce e sementes escuras, é considerada termotolerante e resistente ao LMV. Simpson, alface crespa e com folhas recortadas, não forma cabeça, apresenta ciclo médio de 35 a 40 dias, sementes escuras. Vanda, alface crespa com plantas de porte grande, folhas compridas e talo grosso, ciclo médio de 55 dias, sementes escuras e alto nível de resistência ao LMV. BRS Mediterrânea e BRS Leila, genótipos de alface promissores da Embrapa Hortaliças, do tipo crespa com folhas compridas, apresentando sementes escuras e brancas, respectivamente.

3.3 Condução do experimento

As mudas foram produzidas, em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, contendo substrato comercial, em condição de casa de vegetação. A semeadura foi de uma semente por célula. As mudas foram mantidas em telado por um período de trinta dias.

A repicagem ocorreu quinze dias após a semeadura e aos trinta dias as mudas foram transplantadas para vasos de cinco litros sendo utilizados dez vasos por genótipo, correspondendo às dez repetições. Cada vaso foi identificado com uma placa de identificação com nome do genótipo e número da repetição.

O substrato dos vasos foi constituído por terra de subsolo e esterco de curral e a irrigação ocorreu de forma manual.

Aos 20 dias após o transplante foi realizada adubação de cobertura com sulfato de amônia, sendo repetido, posteriormente, de dez em dez dias. Foram realizadas aplicações de inseticida, com intervalos semanais entre cada aplicação, para o controle de mosca-branca, tripes e pulgão.

As plantas, ao atingirem aumento no comprimento, foram tutoradas com estacas de bambu e presas com barbante, de forma a evitar tombamentos. Aproximadamente doze dias após o florescimento, as plantas foram ensacadas com sacos de papel, a fim de evitar que ocorresse perda excessiva de sementes, devido à falta de sincronismo no florescimento e maturação de sementes, ocorrendo elevada degrana.

A colheita foi realizada pelo corte manual das plantas ensacadas, quando, aproximadamente 50% das plantas apresentaram-se sem pelos, o que é caracterizada pela secagem dos papos que se apresentam brancos (Desai et al., 1997). As plantas foram cortadas, no período da manhã, e encaminhadas à sala de pré-secagem, onde foram mantidos por 72 horas, de forma a facilitar a debulha, posteriormente. No beneficiamento, todo o processo ocorreu de forma manual. Na debulha, as sementes foram facilmente liberadas batendo-se o saco, e na limpeza, a separação de impurezas e sementes foi realizada com o auxílio de peneiras. As sementes foram dispostas em sacos de papel identificados e encaminhadas para o laboratório de análise de sementes.

3.4 Características avaliadas

3.4.1 Peso por parcela (PPP)

Foi realizada a pesagem das sementes de cada vaso dos genótipos avaliados, o qual corresponde a parcela. Foi utilizada balança digital semi-analítica Gehaka BG 200, com três casas decimais e com cabine protetora de vento.

3.4.2 Peso de mil sementes (PMS)

O peso de mil sementes foi realizado conforme a metodologia descrita pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), no qual duas repetições de 1000 sementes foram pesadas em balança digital semi-analítica Gehaka BG 200, com três casas decimais, sendo os resultados expressos em gramas.

3.4.3 Teor de água (TA)

O teor de água foi realizado em estufa a $105\pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, utilizando-se duas subamostras de cada tratamento, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem média por tratamento.

3.4.4 Teste Padrão de Germinação (TPG)

O teste de germinação foi realizado conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), no qual a semeadura foi feita com quatro repetições de 50 sementes em caixas acrílicas do tipo *gerbox*, sob duas folhas de papel de germinação Germitest, previamente umedecidos com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Foram adotadas duas temperaturas de incubação nas câmaras de germinação, 20°C e 35°C , na presença de luz ininterrupta. A avaliação de porcentagem de germinação foi realizada aos quatro e sete dias após a instalação do teste (Brasil, 2009). Sendo consideradas como germinadas as sementes com emissão da raiz primária.

3.4.5 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

O IVG foi realizado simultaneamente ao teste de germinação, computando-se, diariamente e no mesmo horário, o número de sementes que germinaram, até o sétimo dia. O índice foi calculado com a fórmula de Maguire (1962):

$$\text{IVG} = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \frac{G_3}{N_3} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

$G_1+G_2+G_3+\dots+G_n$ = número de plântulas normais computadas na primeira, segunda, terceira, ..., e última contagem, respectivamente.

$N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$ = número de dias decorridos da sementeira à primeira, segunda, terceira, ..., e última contagem, respectivamente.

3.4.6 Primeira contagem de germinação

A primeira contagem foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, que constituiu no registro da porcentagem de sementes germinadas no primeiro dia.

3.4.7 Comprimento da raiz primária

Foi realizado conjuntamente com o TPG, sendo a medição realizada no sétimo dia da avaliação do teste.

O comprimento de raiz primária foi determinado com auxílio de uma régua em mm em dez plântulas normais. O resultado foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais, com resultado expresso em cm.

3.4.8 Emergência de plântulas (EP) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

A emergência foi realizada em substrato comercial, em bandejas de poliestireno expandido de 200 células. A umidade do substrato foi ajustada para 60% da capacidade de retenção. Foram semeadas quatro repetições de 50 sementes e as bandejas foram mantidas em condições de casa de vegetação. Avaliações diárias foram realizadas, a partir do início da emergência, computando-se o número de plantas emergidas até a estabilização do estande, que ocorreu, aproximadamente, quinze dias após a sementeira. O Índice de Velocidade de Emergência foi determinado segundo a fórmula de Maguire (1962).

3.4.9 Envelhecimento acelerado (EA)

No teste de envelhecimento acelerado foram utilizadas caixas do tipo *gerbox*, com compartimentos individuais, mini-câmaras, possuindo no seu interior uma bandeja com tela metálica, onde as sementes foram distribuídas de maneira uniforme. O teste foi realizado com quatro repetições de 50 sementes. Dentro de cada *gerbox* foram adicionados 40 mL de solução saturada de NaCl (40g de NaCl por 100 mL de água) (Jianhua & Mcdonald, 1997) e as caixas foram colocadas em câmara BOD regulada a 41 °C, durante períodos de 48 e 72 horas. As sementes foram submetidas, em seguida, ao teste de germinação, apenas na temperatura de 20°C, com contagem aos sete dias, computando-se a porcentagem de plântulas normais por repetição.

3.4.10 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica foi realizada conforme a metodologia de Franzin et al. (2004), nas quais foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes sem danos, detectados visualmente. Estas foram pesadas em balança digital semi-analítica Gehaka BG 200, com três casas decimais, e embebidas em 50 mL de água destilada em copos plásticos, mantidos a 20 °C, por 24 horas. Após embebição das sementes, foi realizada a leitura em condutímetro e os resultados foram obtidos a partir do valor da condutividade elétrica dividida pela massa úmida das sementes e expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

3.5 Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com duas repetições para teor de água e peso de mil sementes, e quatro repetições para as demais características avaliadas. Os dados foram analisados em esquema fatorial 2 x 2 x 5 (2 épocas, 2 locais, 5 genótipos) e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR, versão 4.0 (Ferreira, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados climáticos no interior do telado (figura 1), no período de produção de sementes de alface, a temperatura máxima no verão/outono (1ª época), variou de 39 a 44°C, média com 25°C e mínima de 13 a 16°C, enquanto a temperatura máxima no outono/inverno (2ª época), variou entre 38 a 43°C, sendo a temperatura média entre 25 e 22°C e a mínima entre 9 a 15°C, aproximadamente.

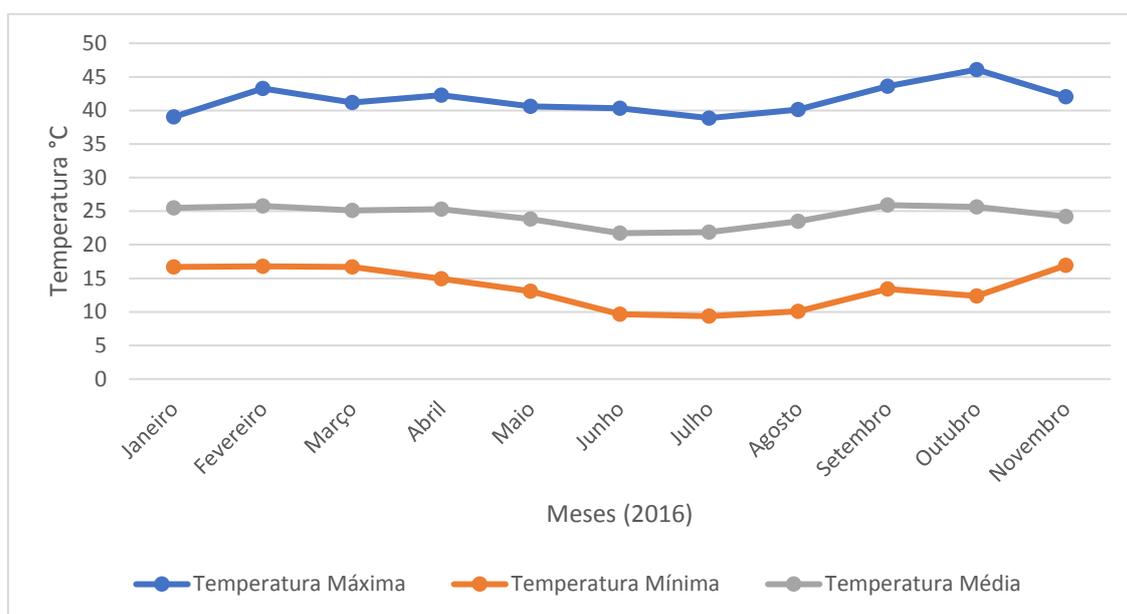


Figura 1. Média mensal de temperatura máxima, mínima e média, registrada no telado no decorrer do período de produção de sementes de alface nas épocas de verão/outono (2016) e outono/inverno (2016), na Embrapa Hortaliças. Verão/outono (1ª época): janeiro, fevereiro, março, abril e maio. Outono/inverno (2ª época): abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Brasília, DF.

No campo aberto, na época verão/outono (1ª época), as temperaturas máximas e médias ficaram na faixa de 30°C e 24°C, respectivamente, com baixa oscilação nesse período, enquanto as temperaturas mínimas variaram entre 14 a 17°C, aproximadamente. Observa-se redução da temperatura a partir do mês de maio, marcando assim, a segunda época de produção com temperaturas amenas, com máximas que variaram entre 30 e 34°C, médias de 20 a 24°C e mínimas entre 10 e 15°C.

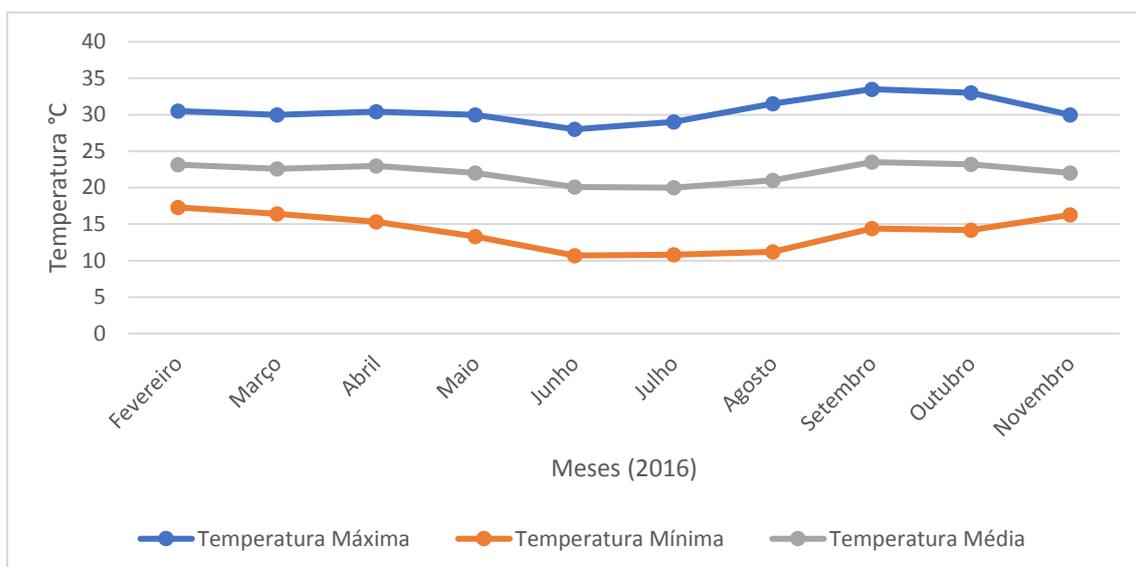


Figura 2. Média mensal de temperatura máxima, mínima e média, registrada no campo aberto no decorrer do período de produção de sementes de alface nas épocas de verão/outono (2016) e outono/inverno (2016), na Embrapa Hortaliças. Verão/outono (1ª época): fevereiro, março, abril e maio. Outono/inverno (2ª época): abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Brasília, DF.

Os dados referentes ao teor de água, peso por parcela e peso de mil sementes, dos cinco genótipos de alface produzidos em telado e campo aberto e em duas épocas de produção, estão apresentados nas tabelas 1, 2 e 3, onde, devido às interações significativas entre os tratamentos, que ocorreu para todas as variáveis, exceto época x local, na avaliação de peso de mil sementes e local, no teor de água, optou-se por mostrar o efeito da época e local de produção sobre os genótipos avaliados, conforme os objetivos propostos no estudo (anexo 1).

O teor de água das sementes variou de 5,69% a 2,67%, após serem colhidas, secas e beneficiadas (tabela 1). Não houve diferença significativa quanto aos locais de produção, contudo, houve interação época x local (anexo 1). A umidade das sementes de alface produzidas no período verão/outono (1ª época) foi superior para todos os genótipos avaliados, quando comparado com a produção no outono/inverno (2ª época), exceto os genótipos Everglades e Simpson.

Resultados semelhantes foram observados por Villela et al. (2010), com a avaliação do teor de água de oito cultivares em duas épocas de produção, no qual a umidade foi superior no período do verão. Tais resultados corroboram, ainda, com o estudo Nascimento & Pereira (2007), cujo grau de umidade apresentou resultados relativamente baixos e próximos entre os lotes, podendo auxiliar na obtenção de

resultados mais confiáveis durante o estudo. Sabe-se que sementes mais úmidas, dentro dos limites, podem apresentar germinação mais rápida, o mesmo ocorrendo com o desenvolvimento inicial das plântulas (Marcos Filho, 2005).

Tabela 1. Teor de água (TA), em porcentagem, de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	TA (%)			
	1ª época		2ª época	
	T	CA	T	CA
Everglades	4,72 bA	4,68 bB	5,44 aA	5,42 aA
Simpson	3,64 cB	4,52 bB	4,88 bA	5,41 aA
Vanda	3,93 bB	5,69 aA	3,69 bC	3,30 bB
BRS Mediterrânea	5,03 aA	5,23 aA	3,40 bC	2,88 bB
BRS Leila	5,01 aA	5,49 aA	4,22 bB	2,67 cB
CV (%)	6,82			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Observou-se maior peso por parcela na produção em telado, para todos os genótipos, em ambas as épocas, exceto o genótipo Everglades, que apresentou resultado superior no campo aberto, durante a segunda época. No período verão/outono (1ª época), maiores pesos por parcela foram observados em todos os genótipos produzidos em estufa, tendo os genótipos Simpson e BRS Mediterrânea, apresentado maiores pesos, com 5,88 gramas e 5,52 gramas, respectivamente. O genótipo BRS Leila o de menor desempenho, com peso de 2,40 gramas (tabela 2).

Todos os genótipos, exceto Everglades, apresentaram maiores pesos por parcela quando produzidos em cultivo protegido, sendo a época outono/inverno (2ª época) a mais produtiva. A menor produção de sementes em campo aberto pode ser devido a elevada ocorrência de pragas transmissoras de vírus em alface, como tripses e pulgões, cujo desenvolvimento ótimo ocorre no período seco, com temperaturas amenas, durante o inverno, apresentando difícil controle no campo.

Tabela 2. Peso por parcela (PPP) em gramas de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	PPP (g)			
	1ª época		2ª época	
	T	CA	T	CA
Everglades	3,06 cC	1,64 dB	4,68 bB	5,21 aA
Simpson	5,88 aA	2,20 cA	5,88 aA	4,00 bB
Vanda	4,39 aB	2,27 bA	4,31 aB	0,53 cD
BRS	5,52 aA	2,34 cA	3,36 bC	1,48 dC
Mediterrânea				
BRS Leila	2,40 bD	1,18 cC	4,47 aC	1,05 cC
CV (%)	17,75			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na segunda época, os maiores pesos foram obtidos, no telado, com os genótipos Simpson, Vanda e Everglades, com 5,88 gramas, 4,31 gramas e 4,68 gramas, respectivamente (tabela 2). O genótipo BRS Mediterrânea apresentou menor peso, com 3,36 gramas, comportamento distinto do encontrado na primeira época de produção. O genótipo Simpson, produzido em telado, em ambas as épocas avaliadas apresentou maior peso por parcela, enquanto o genótipo Vanda, produzido em campo aberto, na época outono/inverno (2ª época), apresentou pior desempenho, seguido do genótipo BRS Leila, produzido nas mesmas condições (tabela 2).

O peso de mil sementes variou de 0,66 a 1,41 gramas (tabela 3), apresentando diferença significativa em todas as variáveis analisadas, exceto na interação época x local (anexo 1). No período outono/inverno (2ª época) foi verificado maiores pesos de mil sementes para todos os genótipos, com exceção do genótipo BRS Mediterrânea. Bem como na avaliação de peso por parcela (tabela 2), a produção de sementes em cultivo protegido apresentou maior peso de mil sementes comparada à produção em campo aberto (tabela 3).

No período verão/outono (1ª época), todos os genótipos apresentaram maiores pesos de mil sementes na produção em telado, tendo o genótipo Everglades apresentado maior peso, 1,17 gramas e os genótipos Simpson e BRS Mediterrânea não diferindo significativamente, com pesos iguais a 1,01 gramas e 1,03 gramas, respectivamente. O genótipo de menor peso de mil sementes foi BRS Leila, com 0,81 gramas. Nas condições

de campo aberto os pesos de mil sementes variam de 0,88 gramas a 0,66 gramas, apresentando resultados inferiores aos encontrados na produção em cultivo protegido (tabela 3).

Tabela 3. Peso de mil sementes (PMS) em gramas de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	PMS (g)			
	1ª época		2ª época	
	T	CA	T	CA
Everglades	1,17 bA	0,87 cA	1,41 aA	1,17 bA
Simpson	1,01 cB	0,76 dB	1,25 aB	1,06 bB
Vanda	0,97 aC	0,74 cC	0,96 aD	0,81 bC
BRS	1,03 bB	0,88 cA	1,22 aC	0,81 dC
Mediterrânea				
BRS Leila	0,81 aD	0,66 cD	0,82 aE	0,74 bD
CV (%)	0,99			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na segunda época, os pesos de mil sementes foram superiores aos encontrados na primeira, em ambos os locais de produção e a produção em casa de vegetação foi novamente superior a encontrada em campo aberto. No telado, o genótipo Everglades apresentou maior peso de mil sementes, 1,41 gramas, enquanto o genótipo BRS Leila foi o de menor peso avaliado, 0,82 gramas, reforçando o resultado obtido na primeira época de produção, bem como os de avaliação de peso por parcela para este genótipo.

O genótipo Everglades apresentou maior peso de mil sementes em todas as épocas e locais de produção analisados, destacando-se a produção em telado no outono/inverno (2ª época). Tal como encontrado na avaliação de peso por parcela (tabela 2), as sementes produzidas na segunda época apresentaram maiores pesos de mil sementes.

Com base na tabela 4, observa-se que a segunda época de produção apresentou mais dias para antese, tanto em telado quanto em campo aberto, comparado com a primeira época. Em tal comparação, nota-se vinte e sete dias e dezoito dias a mais para o florescimento, em campo aberto e telado, respectivamente.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância individuais dos ensaios de florescimento de genótipos de alface conduzidos em diferentes ambientes e épocas. Brasília, DF, 2016.

Ambientes		QMGenótipos ¹	Antese (dias)	CV (%)
Época	Local			
1	Campo Aberto	785,04**	105	1,70
1	Telado	1526,98**	103	6,02
2	Campo Aberto	2535,44**	132	2,74
2	Telado	1127,20	121	2,27

¹** significativo a 1% pelo teste F.

O retardamento da fase reprodutiva em temperaturas amenas, com consequente aumento do período de desenvolvimento das plantas de alface, propicia a formação de um aparato fotossintético mais desenvolvido, assim, capaz de produzir maior fluxo de fotoassimilados para sementes, que são formadas com maior tamanho e densidade favorecendo maior produção de sementes (Villela et al., 2010). Bem como a produção em cultivo protegido, que permite melhor aproveitamento dos fatores de produção, como adubos, defensivos e água, além de proporcionar melhor controle sanitário, que foi fundamental no desempenho das sementes produzidas durante a segunda época. Resultados semelhantes foram relatados por Villela et al. (2010), com maior produção e massa de sementes no período do inverno, produzidas em cultivo protegido, comparada às produzidas no verão.

Considerando a temperatura da câmara de germinação, 20° e 35°C verificou-se um maior percentual de plântulas normais quando o teste foi realizado na temperatura favorável para a espécie, a 20°C, para todos os tratamentos (tabela 5). Resultado similar foi relatado por Villela et al. (2010), Nascimento & Pereira (2007), Nascimento (2012) e Menezes et al. (2001), em sementes de alface incubadas a 20°C. A temperatura de 20°C é a mais favorável e recomendada para germinação de sementes da maioria dos genótipos de alface (AOSA, 1983).

Comparando as duas condições de produção de sementes de alface, telado e campo aberto, não foram observadas diferenças significativas nas duas épocas a 20°C. Na temperatura de 35°C existiram diferenças significativas, contudo todos os resultados

ficaram abaixo dos padrões estabelecidos para comercialização de sementes de alface no Brasil que é de 80% (Brasil, 2012).

Tabela 5. Germinação (%), sob temperaturas de 20 e 35°C, de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	G (%)							
	1ª época				2ª época			
	20°C		35°C		20°C		35°C	
	T	CA	T	CA	T	CA	T	CA
Everglades	99 aA	95,5 aA	21,5 bB	45 aB	100 aA	92,5 bA	6 cA	4 cA
Simpson	100 aA	98 aA	1,5 aC	3 aD	100 aA	91 bA	0,5 aB	0,5 dB
Vanda	100 aA	97,5 aA	25 bA	57 aA	100 aA	0,5 bC	7,5 cA	0,5 dB
Mediterrânea	100 aA	98,5 aA	0,5 bC	16,5 aC	99,5 aA	74,5 bB	0,5 bB	1 bB
BRS Leila	100 aA	94 bA	0,5 bC	16,5 aC	100 aA	94,5 bA	0 bB	0 bB
CV (%)	3,13		15,19		3,13		15,19	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No entanto, resultados elevados de germinação não indicam, necessariamente, que os lotes possuem alto vigor, uma vez que o teste de germinação é conduzido em condições favoráveis de temperatura, umidade e luminosidade, permitindo ao lote expressar máximo potencial em gerar plântulas normais (Marcos Filho, 1999). Logo, torna-se primordial a utilização dos testes de vigor para complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação, permitindo caracterizar adequadamente o potencial fisiológico das sementes (Marcos Filho, 1999).

O teste de primeira contagem (tabela 6) detectou diferenças significativas nas sementes produzidas na época verão/outono (1ª época), em campo aberto, sendo os genótipos Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea de desempenho superior e Everglades e BRS Leila inferiores. Resultados semelhantes foram encontrados no teste de germinação a 20°C (tabela 5) em tais condições, com exceção do genótipo Everglades, que não diferiu significativamente dos genótipos Simpson, Vanda e BRS Mediterrânea. Assim, percebe-se que o genótipo BRS Leila apresentou menor desempenho e vigor entre os genótipos avaliados, no período do verão, em campo aberto.

Conforme os dados de germinação a 20°C (tabela 5), no outono/inverno (2ª época), em cultivo protegido, todos os genótipos avaliados obtiveram elevada germinação, acima de 99%. No teste de primeira contagem a 20°C (tabela 6), observa-se que a porcentagem de germinação de sementes produzidas em cultivo protegido, nos dois períodos estudados, não diferiu significativamente, de forma que todos os genótipos apresentaram germinação superior a 97,5%. Tal resultado foi o mesmo encontrado no IVG a 20°C (tabela 7), no qual os genótipos Everglades, Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea, produzidos em cultivo protegido não divergiram, nas duas épocas de avaliação. Tais genótipos apresentaram, ainda, IVG elevado. Verificou-se que no IVG a 20°C (tabela 7), o genótipo BRS Leila não obteve resultado em consonância com os demais testes, indicando, assim, maior sensibilidade do teste de IVG na identificação de diferenças de vigor para este genótipo.

O teste de primeira contagem tem sido utilizado como um teste de vigor, devido à sua simplicidade e por ser conduzido juntamente com o teste de germinação. Segundo Nakagawa (1999), a primeira contagem de germinação frequentemente é mais sensível para identificar diferenças de vigor entre lotes do que a velocidade de germinação. Isto pode ser observado no comportamento do genótipo Everglades nas quatro condições ambientais de avaliação. O teste de primeira contagem (tabela 6) permitiu identificar diferenças de vigor, quanto às épocas e locais de produção, de forma que Everglades em campo aberto, no outono/inverno (2ª época) apresentou menor vigor do que a mesma no verão/outono (1ª época), divergindo do resultado obtido no IVG (tabela 7), no qual ambas não diferiram significativamente.

O teste de germinação, embora apresente limitações, por fornecer resultados que superestimam o potencial fisiológico das sementes, foi capaz de identificar redução significativa da capacidade germinativa em tais genótipos, ocasionada por possíveis efeitos do ambiente. Comportamento semelhante, de baixo desempenho dos genótipos Vanda e BRS Mediterrânea, foram observados nos testes de primeira contagem (tabela 6) e IVG (tabela 7). Tais observações reforçam os resultados expressos no teste de germinação, confirmando o baixo vigor desses genótipos.

A partir dos resultados obtidos, nota-se que, apesar das condições ambientais adversas presentes no período avaliado, a porcentagem de germinação (tabela 5) dos genótipos Everglades, Simpson e BRS Leila variou de 94,5 a 91%, no teste de germinação, de 91,5 a 87,5% na primeira contagem (tabela 6) e 22,75 a 21,87, no IVG

(tabela 7). Assim, não há dúvidas que lotes de sementes mais vigorosas tem maior probabilidade de sucesso quando expostas às condições ambientais desfavoráveis.

Tabela 6. Primeira contagem (%) do teste de germinação sob temperaturas de 20 e 35°C, de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	Primeira contagem (%)							
	1ª época				2ª época			
	20°C		35°C		20°C		35°C	
	T	CA	T	CA	T	CA	T	CA
Everglades	99 aA	93,5 bB	13,5 bB	25,5 aB	100 aA	89 cA	2,5 cA	2,25 cA
Simpson	100 aA	98 aA	1,5 aC	2,5 aD	100 aA	87,5 bA	0 aB	0,5 aA
Vanda	100 aA	97,5 aA	25 bA	31 aA	100 aA	0,5 bC	2,5 cA	0,5 dA
BRS Mediterrânea	100 aA	98 aA	0,5 bC	13 aC	97,5 aA	73 bB	0 bB	0,75 bA
BRS Leila	100 aA	93,5 bB	0,5 bC	12,5 aC	99,5 aA	91,5 bA	0 bB	0 bA
CV (%)	3,23		20,72		3,23		20,72	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Conforme os resultados de germinação a 35°C (tabela 5), torna-se evidente o decréscimo da germinação e vigor das sementes quando a temperatura da câmara de germinação é elevada, de 20°C para 35°C. Nessa temperatura, as sementes que germinaram apresentaram apenas protrusão da raiz primária ou, grande parte, formou plântulas anormais, com raízes fracas e deformadas.

Em condições de alta temperatura, os genótipos produzidos no período verão/outono (1ª época) apresentaram maiores porcentagens de germinação, destacando-se a produção em campo aberto. No verão/outono (1ª época), em cultivo protegido, os genótipos Everglades e Vanda apresentaram melhor desempenho, com 21,5% e 25% de germinação, respectivamente, sendo a germinação dos genótipos Simpson, BRS Mediterrânea e BRS Leila errática ou nula. No teste de primeira contagem a 35°C (tabela 6) e IVG (tabela 7), em cultivo protegido, os resultados não diferiram dos obtidos no teste de germinação, destacando-se o genótipo Vanda, que obteve maior porcentagem e velocidade de germinação. Os resultados da germinação do genótipo Everglades, na temperatura de 35°C, corroboram com os trabalhos que o caracterizam como uma cultivar

termotolerante (Gonai et al., 2004; Kozarewa et al., 2006; Nascimento, 2003). Resultados semelhantes foram relatados, também, por Nascimento & Pereira (2007) e Catão (2013).

Tabela 7. Índice de Velocidade de Germinação (IVG), sob temperaturas de 20 e 35°C, de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	IVG							
	1ª época				2ª época			
	20°C		35°C		20°C		35°C	
	T	CA	T	CA	T	CA	T	CA
Everglades	24,66 aA	23,19 bB	3,59 bB	7,05 aB	25 aA	22,35 bA	0,52 cA	0,51 cA
Simpson	25 aA	24,43 aA	0,21 aC	0,25 aE	24,46 aA	21,87 bA	0,3 aB	0,08 aB
Vanda	24,95 aA	24,22 aA	5,67 bA	9,19 aA	25 aA	0,08 bC	0,66 cA	0,06 dB
BRS	25 aA	24,49 aA	0,8 bC	3,25 aC	24,48 aA	17,89 bB	0,03 bB	0,09 bB
Mediterrânea								
BRS Leila	24,85 aA	22,43 cB	0,12 bC	2,69 aD	23,79 bA	22,75 cA	0 bB	0 bB
CV (%)	3,19		17,2		3,19		17,2	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com os dados do teste de germinação a 35°C (tabela 5), verificou-se que os genótipos de verão/outono (1ª época), produzidos em campo, obtiveram maiores porcentagens de germinação, quando comparados com os de casa de vegetação, de forma que Everglades e Vanda apresentaram resultados expressivos, com 45 e 57% de germinação, respectivamente, sendo o genótipo Simpson o de menor porcentagem de germinação.

Nos testes de primeira contagem (tabela 6) e IVG (tabela 7) a 35°C, para as mesmas condições, a superioridade nas avaliações de Vanda e Everglades é evidente, confirmando os resultados obtidos no teste de germinação para tais genótipos. Observa-se estratificação do nível de vigor para todos os genótipos avaliados no teste de IVG, onde Vanda apresenta a maior e Simpson a menor velocidade de germinação, tendo todos os genótipos avaliados nessa condição variado significativamente, não estando em consonância com o observado na primeira contagem (tabela 6), no qual BRS Mediterrânea e BRS Leila não apresentaram diferenças significativas.

Resultados semelhantes foram evidenciados por Villela et al (2010), no qual sementes produzidas no período do verão tiveram germinação favorecida sob

temperaturas mais elevadas, como a 35°C, quando comparada às de inverno. No teste de germinação a 35°C (tabela 5), as sementes produzidas no outono/inverno (2ª época), em ambos os locais, apresentaram baixa porcentagem de germinação, variando de 7,5% a 0%, destacando-se os genótipos Everglades e Vanda, em cultivo protegido, e Everglades, em campo aberto.

O estresse provocado pela alta temperatura durante o teste de germinação a 35°C (tabela 5), foi drástico aos genótipos Simpson, BRS Mediterrânea e BRS Leila, produzidos em cultivo protegido e Simpson, Vanda, BRS Mediterrânea e BRS Leila em campo aberto, induzindo a dormência secundária e impedindo a germinação das sementes, como havia observado Vidaver & Hsiao (1974). Em geral, temperaturas acima de 30°C afetam a germinação das sementes, reduzindo a velocidade ou porcentagem de germinação.

Evidencia-se que resultados obtidos em condição de campo aberto, em ambos os períodos avaliados, foram inferiores aos encontrados em cultivo protegido. Sob temperatura de 20°C e produção em cultivo protegido, os genótipos avaliados apresentaram maior uniformidade de germinação, em ambas as épocas de produção, sendo que esse padrão não foi observado nos mesmos a 35°C. Tal resultado está em consonância com o estudo realizado por Gagliardi (2009), na avaliação da germinação de híbridos de pimentões em diferentes temperaturas.

Sementes de campo aberto do verão/outono (1ª época) apresentaram desempenho satisfatório, não sofrendo perdas significativas de vigor pertinente às condições do ambiente, exceto os genótipos Everglades e BRS Leila, que apresentaram reduzido vigor, visto que as condições ambientais dessa época podem ter prejudicado o desenvolvimento da planta mãe durante a fase de maturação das sementes, devido às elevadas temperaturas e precipitações esporádicas, comuns nesse período. No entanto, a intensidade de danos à cultura não foi tão drástica como ocorreu no campo aberto durante o outono/inverno (2ª época).

Os resultados obtidos com teste de germinação a 35°C (tabela 5) e seus testes complementares (tabelas 6 e 7) permitiram verificar que houve superioridade do período verão/outono (1ª época), quando comparado com o período outono/inverno (2ª época), para os genótipos Everglades, cultivar termotolerante, e Vanda, tanto em cultivo protegido quanto em campo aberto, destacando-se o segundo local, o qual apresentou

maiores porcentagens de germinação. Tal resultado ocorreu, provavelmente, devido elevadas temperaturas que foram constantes durante a fase de maturação das sementes da primeira época, no campo aberto (figura 2).

Outros autores também afirmam que sementes de alface produzidas em regiões de clima quente têm maiores porcentagens de germinação quando expostas a altas temperaturas, do que quando produzidas em clima frio (Damania, 1986; Harrington & Thompson, 1952). Corroborando com os resultados obtidos, em estudo sob condições controladas, Gray et al. (1988) verificaram que as sementes de alface produzidas em regimes de temperatura de 30/20°C germinam melhor a 30°C do que sementes produzidas a 25/15°C ou 20/10°C. Em outro estudo, Sung et al. (1998) verificaram que sementes de alface produzidas a 30/20°C apresentaram maior porcentagem de germinação comparada com aquelas produzidas em condições de baixa temperatura. Tais autores concluíram que o caráter de termo-tolerância foi regulado pela interação genótipo e temperatura durante o desenvolvimento das sementes.

Assim, segundo Nascimento & Pereira (2007), condições ambientais sofridas pela planta mãe durante o processo de maturação das sementes também devem ser avaliadas. O comportamento das sementes produzidas no outono/inverno (2ª época), em ambos os locais, no teste de germinação a 35°C, divergiu bastante da primeira época de produção, uma vez que houve queda de temperatura durante a fase de maturação das sementes (figuras 1 e 2), condições climáticas comuns nos meses de julho e agosto, em Brasília. Diante disso, reforça-se a teoria que plantas de alface produzidas em condições de clima frio, apresentam dificuldade de germinar em temperaturas altas, como a submetida no teste de germinação, a 35°C. Assim, evidencia-se que em sementes de alface expostas a temperaturas elevadas durante embebição, pode ocorrer uma inibição temporária (termoinibição) ou completa da germinação (termodormência) (Kozarewa et al., 2006). No caso das sementes embebidas a 35°C, uma vez que foram submetidas à temperatura ótima de 20°C, ocorreu germinação e formação de plântulas normais, confirmando a ocorrência de termoinibição nos genótipos avaliados.

O teste de emergência de plântulas constitui uma alternativa para complementação de informações sobre o potencial fisiológico de sementes de alface, já que permite uma simulação mais próxima das condições que ocorrem no campo. Baseando-se, assim, no princípio de que é tanto mais vigoroso um lote de sementes, quanto mais rápida for a emergência das plântulas no campo (Nakagawa, 1994). Nos resultados obtidos nos testes

de emergência de plântulas (tabela 8) e IVE (tabela 9), observa-se que sementes produzidas no verão/outono (1ª época) obtiveram maiores porcentagens e maior velocidade de emergência, quando comparada com as sementes de outono/inverno (2ª época) e, conseqüentemente, maior vigor.

Tabela 8. Emergência em campo (EC) de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	EC (%)			
	1ª época		2ª época	
	T	CA	T	CA
Everglades	97 aA	89,5 bB	84 cA	78,5 dA
Simpson	91,5 bB	96,5 aA	64,5 cB	33 dC
Vanda	98 aA	95 aA	87 bA	0
BRS Mediterrânea	99,5 aA	98,5 aA	82,5 bA	45,5 cB
BRS Leila	99,5 aA	83,5 bC	20 cC	15 dD
CV (%)	4,77			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Conforme os resultados de emergência observados (tabela 8), na primeira época de produção, os genótipos Vanda e BRS Mediterrânea produzidos em telado e campo aberto não diferiram significativamente, apresentando altas taxas de emergência, acima de 95%. Contudo, no teste de IVE (tabela 9), o genótipo Vanda, produzido em telado e campo aberto, diferiu significativamente, apresentando a de cultivo protegido maior velocidade de emergência. Enquanto o genótipo Simpson apresentou alto desempenho em campo aberto, Everglades e BRS Leila comportaram-se melhor em cultivo protegido, apresentando, todos, emergência superior a 96%.

Lotes que apresentam maior percentual de sementes em condições de germinar e originar plântulas com capacidade de emergir do solo, em condições não controladas de campo são mais vigorosos. Sementes pouco vigorosas não teriam sucesso em germinar e produzir plântulas normais em solo e ambiente climático, às vezes, não totalmente favoráveis à germinação da espécie (Nakagawa, 1994).

As altas temperaturas observadas na casa de vegetação durante o ensaio, que ocorreu no mês de outubro (figura 1), podem ter afetado a germinação, em especial dos

genótipos Simpson e BRS Leila. A partir dos resultados do teste de germinação e seus complementares a 35°C, constata-se baixa capacidade de germinação de tais genótipos em condições estressantes de temperatura, enquanto em Everglades evidencia-se acentuada perda de vigor.

Desempenhos similares encontrados no teste de germinação a 20°C (tabela 5) e emergência de plântulas (tabela 8) podem ser explicados pelas condições favoráveis de ambiente ocorridas durante a condução do teste de emergência. Resultados semelhantes foram relatados por Vanzolini et al. (2007), em sementes de soja e Alvarenga (2009), em sementes de milho doce.

Tabela 9. Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	IVE			
	1ª época		2ª época	
	T	CA	T	CA
Everglades	12,1 aA	10,97 bB	10,03 cA	9,28 dA
Simpson	10,95 bB	11,99 aA	7,41 cB	3,41 dC
Vanda	11,91 aA	10,84 bB	9,33 cA	0 dE
BRS	12,29 aA	12,16 aA	6,77 bB	4,21 cB
Mediterrânea				
BRS Leila	12,91 aA	1,019 bB	1,15 cC	1,08 cD
CV (%)	6,12			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Estudos realizados por Franzin et al. (2004), Villela et al. (2010) e Barbosa et al. (2011) indicam que a emergência de plântulas pode ser usada na avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface, tal qual em outras culturas como cenoura (Tessarioli Neto, 2001), feijão crioulo (Coelho et al., 2010).

Sementes de outono/inverno (2ª época) indicaram menor porcentagem e velocidade de emergência de plântulas e, conseqüentemente, menor vigor. Em condições de casa de vegetação, a emergência foi maior do que a encontrada em sementes de campo aberto, destacando-se os genótipos Everglades, Vanda e BRS Mediterrânea com maior vigor e o genótipo BRS Leila com baixo desempenho. As condições de campo aberto expressaram os piores resultados do teste, variando de 78,5% a 0%, destacando

Everglades com maior e BRS Leila e Vanda, com menores porcentagens de emergência (tabela 8).

No presente trabalho, os resultados de emergência de plântulas (tabela 8) também indicaram diferenças significativas entre as épocas e locais. Para genótipos, houve pequenas diferenças de vigor na primeira época, em ambos locais de produção, contudo, essa diferença foi acentuada nos dois locais avaliados na segunda época. Dessa forma, os testes de emergência e IVE atuam com maior sensibilidade na estratificação de níveis de vigor comparado com os testes de primeira contagem e IVG.

O teste de envelhecimento acelerado é um dos testes mais utilizados para avaliação do vigor (Ferguson – Spears, 1995), que se baseia no aumento da deterioração das sementes, quando expostas a condições adversas de alta temperatura e umidade relativa. Sob essas condições, sementes de baixa qualidade deterioram-se mais rapidamente do que sementes mais vigorosas, de modo que há possibilidade de serem estabelecidas diferenças no potencial fisiológico das amostras avaliadas (Panobianco & Marcos Filho, 1998).

Tabela 10. Envelhecimento acelerado (%), durante 48 e 72 horas, de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	Envelhecimento acelerado (%)							
	1ª época				2ª época			
	48h		72h		48h		72h	
	T	CA	T	CA	T	CA	T	CA
Everglades	99,5 aA	90 bB	99,5 aA	83 bB	93,5 bB	91,5 bA	88 bB	87 bA
Simpson	99,5 aA	96 aA	100 aA	97 aA	98 aA	92,5 bA	99 aA	74 bB
Vanda	100 aA	94 bB	100 aA	95 aA	98,5 aA	54,5 cC	75,5 bC	16 cC
BRS	100 aA	98,5 aA	98,5 aA	97,5 aA	98,5 aA	84 bB	72,5 bC	23 cC
Mediterrânea								
BRS Leila	100 aA	91,5 bB	100 aA	93 bA	86,5 cC	83 cB	30 cD	19,5 dC
CV (%)	3,1		5,81		3,1		5,81	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pelo teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (tabela 10), observa-se que houve estratificação dos lotes de sementes em função do vigor, onde o estresse imposto às sementes de outono/inverno (2ª época), principalmente 72 horas, foi

sensível o suficiente para identificar qualidade inferior das sementes desta época, comparado ao primeiro período de produção.

No verão/outono (1ª época), nota-se que as sementes produzidas em cultivo protegido não diferiram significativamente nos testes de envelhecimento acelerado a 48 e 72 horas, não sendo possível verificar superioridade de vigor entre os genótipos. Em condição de campo aberto, no teste de 48 horas, os genótipos Simpson e BRS Mediterrânea expressaram maior vigor, não diferindo significativamente, enquanto Everglades, Vanda e BRS Leila apresentaram menor vigor. Já no teste de 72 horas, Everglades foi o único genótipo que diferiu dos demais, apresentando menor vigor. Diante disso, o genótipo Everglades apresentou menor desempenho no período verão/outono (1ª época).

Conforme os dados obtidos no outono/inverno (2ª época), evidencia-se maior estratificação de vigor entre os locais e genótipos. No teste de envelhecimento acelerado com 48 horas, em cultivo protegido, os genótipos Simpson, Vanda e BRS Mediterrânea expressaram maior vigor e BRS Leila menor vigor, já no teste de 72h, apenas Simpson e BRS Leila mantiveram o desempenho. Em campo aberto, a 48 horas, os genótipos Everglades e Simpson expressaram maior vigor enquanto, Vanda menor vigor, contudo, a 72 horas, apenas Everglades e Vanda mantiveram o comportamento, indicando, ainda, que houve redução do vigor de BRS Mediterrânea e BRS Leila.

Na primeira época de avaliação, sementes de casa de vegetação exibiram elevado vigor, não diferindo entre si. Esses resultados estão em consonância com aqueles obtidos junto aos testes de germinação (tabela 5), primeira contagem (tabela 6) e IVE (tabela 9) para as mesmas condições, ao passo que em campo aberto, destacaram-se os genótipos BRS Mediterrânea e Simpson com maior e Everglades com menor vigor.

No outono/inverno (2ª época), o teste de envelhecimento a 72 horas detectou que, novamente, sementes de cultivo protegido obtiveram resultados superiores ao de campo aberto, indicando maior vigor destas, exceto Everglades que não diferiu significativamente nos dois locais. Assim, destacam-se Everglades e Simpson com qualidade superior e BRS Leila inferior em ambos os locais. Sendo o genótipo Vanda, de campo aberto, o de menor vigor quando comparado com os outros quatro genótipos avaliados.

O teste de condutividade elétrica é baseado no princípio que sementes com menor vigor apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante embebição, apresentando em consequência, liberação mais acentuada de solutos para o meio exterior (Marcos Filho & Novembre, 2009). Tem sido constatada eficácia do teste para avaliação do vigor de sementes de várias hortaliças; entretanto, para muitas espécies, como alface, resultados de pesquisa ainda não verificaram a metodologia apropriada para avaliar o vigor, sendo a identificação de parâmetros adequados, um desafio para pesquisa de sementes de hortaliças.

Diferentes metodologias de realização do teste de condutividade elétrica em sementes de alface foram estudadas por Franzin et al. (2004), Franzin et al. (2005) e Barbosa et al. (2011). Observa-se que o período de embebição pode ser reduzido para sementes de hortaliças, verificando-se a adoção de períodos de 6 a 24 horas de embebição em sementes de alface. Estudo de Guimarães et al. (1993) identificaram tais diferenças. Contudo, no presente estudo, foi constatado que o período de 24 horas proporcionou informações mais precisas e melhor estratificações a nível de vigor. Resultado similar foi relatado por Dias et al. (2006), em sementes de cebola.

Tabela 11. Condutividade elétrica (CE), de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	Condutividade elétrica			
	1ª época		2ª época	
	T	CA	T	CA
Everglades	187,49 bB	262,25 aB	131,63 cC	171,91 bE
Simpson	164 cB	325,83 aA	142,05 cC	244,42 bD
Vanda	128,32 dC	236,87 bC	181,95 cB	637,27 aA
BRS Mediterrânea	132,6 cC	168,62 bD	188,34 bB	279,64 aC
BRS Leila	265,79 bA	172,70 dD	214,40 cA	403,04 aB
CV (%)	7,10			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os resultados do teste de condutividade elétrica detectaram diferenças entre as épocas, locais e genótipos. Conforme os resultados obtidos (tabela 11), nota-se valores de condutividade mais elevados durante o período do outono/inverno (2ª época) e nas sementes produzidas em campo aberto. Segundo Marcos Filho & Novembre (2009),

sementes menos vigorosas, com sistema de membranas mais desorganizado, originam leituras superiores.

No verão/outono (1ª época), em cultivo protegido, as condutividades variaram de 265,79 a 128,32 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, sendo BRS Leila a menos e Vanda a mais vigorosa. Em campo aberto, destaca-se Simpson com menor vigor e BRS Mediterrânea, mais vigorosa. No outono/inverno (2ª época), em casa de vegetação, BRS Leila expressou menor vigor, enquanto os genótipos Everglades e Simpson mostraram-se mais vigorosas. Em condições de campo aberto, o teste de condutividade elétrica constatou diferenças entre os genótipos, tendo Vanda e BRS Leila menor e Everglades maior vigor (tabela 11).

O teste de comprimento de raiz pode ser facilmente utilizado em alface, uma vez que as raízes dessa espécie crescem linearmente (Smith et al., 1973; McCormac et al., 1990). No teste de comprimento de raiz (tabela 12), realizado juntamente com o teste de germinação a 20°C (tabela 5), observou-se que não houve diferença significativa quanto as épocas avaliadas, tampouco houve interação época x local (anexo 3).

Tabela 12. Comprimento de raiz (CR), em cm, de sementes de alface produzidos no telado (T) e campo aberto (CA), em duas épocas de produção, em Brasília, DF, 2016.

Genótipos	Comprimento de raiz (cm)			
	1ª época		2ª época	
	T	CA	T	CA
Everglades	3,15 aA	2,83 bA	2,63 bA	3,1 aA
Simpson	2,86 aA	2,52 aA	2,84 aA	2,99 aA
Vanda	2,17 aB	1,36 bC	2,27 aB	0 cC
BRS Mediterrânea	2,25 aB	1,77 bB	2,17 aB	2,46 aB
BRS Leila	2,06 aB	1,2 bC	2,41 aB	2,08 aB
CV (%)	11,66			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os genótipos Everglades e Simpson apresentaram comprimentos de raiz superiores aos demais em todas as épocas e locais estudados. O genótipo Everglades apresentou melhor desempenho no verão, em casa de vegetação, enquanto o genótipo Simpson apresentou superioridade no outono/inverno (2ª época), em campo aberto.

Os genótipos Vanda, BRS Mediterrânea e BRS Leila não diferiram significativamente, nas duas épocas avaliadas, em cultivo protegido, com comprimentos que variaram de 2,06 cm a 2,41 cm. Em campo aberto, tanto na primeira quanto na segunda época, o genótipo BRS Leila apresentou menor comprimento de raiz. O comprimento de raiz do genótipo Vanda, produzido na segunda época, em campo aberto, não foi medido, visto que não houve germinação das sementes avaliadas, impossibilitando a medição do comprimento de raiz de plântulas normais.

Mais uma vez os genótipos produzidos em condições de cultivo protegido apresentaram melhor desempenho e qualidade fisiológica, com exceção da Everglades, que apresentou elevado comprimento de raiz no telado na primeira época e campo aberto, na segunda época, e de Simpson que não apresentou diferença significativa no comprimento de raiz em nenhuma das condições avaliadas. Todos os demais genótipos produzidos em casa de vegetação apresentaram maiores comprimentos de plântula, nas duas épocas de produção.

No presente estudo, o teste de comprimento de raiz não foi capaz de estratificar os níveis de vigor em relação à época de produção e percebe-se que muitos genótipos expressaram comportamento semelhante em diferentes condições, contudo, é possível notar que, em ambas as épocas, a produção em cultivo protegido apresentou maiores comprimentos de raízes e, conseqüentemente, maior vigor. Em outros estudos com alface, este teste foi eficiente na separação dos lotes de alto e baixo vigor de sementes (Wurr & Fellows, 1985; Guimarães et al., 1993).

Na primeira época em campo aberto, com base nos testes de primeira contagem (tabela 6) e IVG a 20°C (tabela 7), emergência (tabela 8), IVE (tabela 9) e envelhecimento acelerado 48 horas (tabela 10), evidencia-se que, BRS Leila e Everglades manifestaram menor vigor. No envelhecimento acelerado a 72 horas (tabela 10) apenas Everglades manteve o baixo desempenho, corroborando com o observado no teste de condutividade elétrica (tabela 11). Neste teste, o comportamento do genótipo Simpson divergiu do encontrado nas demais avaliações realizadas, expressando elevada condutividade e baixo vigor.

Na segunda época, apenas os testes de emergência de plântulas (tabela 8), IVE (tabela 9), envelhecimento acelerado 48 e 72 horas (tabela 10) indicaram diferenças significativas, em cultivo protegido, sendo Vanda e Simpson as de maior e BRS Leila a

de menor vigor. No entanto, no envelhecimento acelerado a 72 horas (tabela 10) e condutividade elétrica (tabela 11), Vanda diferiu exibindo perda acentuada de vigor, evidenciando o efeito do estresse do teste a 72 horas no desempenho do genótipo e o vigor de Everglades sobressaiu. Nessa época, a diferença entre locais foi mais acentuada, visto que todos os genótipos exibiram menor desempenho no campo aberto, nesse período, ocorreu, inclusive, a perda de um local de produção, que foi a casa de vidro. Tal perda foi devido à ocorrência do vírus do vira cabeça, transmitido por tripes. Diante disso, as avaliações na casa de vidro foram descartadas do presente estudo.

No outono/inverno (2ª época), os testes de envelhecimento acelerado 48 horas e 72 horas (tabela 10), emergência de plântulas (tabela 8) e IVE (tabela 9) e condutividade (tabela 11) indicaram superioridade de desempenhos de Everglades e baixo vigor em BRS Leila e Vanda. Resultados obtidos na primeira contagem (tabela 6) e IVG a 20°C (tabela 7) com o genótipo BRS Leila não foram consonantes com os demais testes realizados, indicando que este obteve elevada porcentagem de germinação.

As sementes de Vanda produzidas em campo aberto não germinaram nos testes de germinação a 20° C e 35°C (tabela 5), indicando ocorrência de dormência devido às condições ambientais ou perda sua capacidade de germinação em consequência de doenças e/ou perda de vigor. As altas temperaturas observadas na casa de vegetação durante o ensaio de emergência em campo, que ocorreu no período quente e seco, em Brasília, podem ter afetado a germinação, num fenômeno de termoinibição (Nascimento, 2003).

Divergindo dos resultados obtidos nos demais testes realizados, o genótipo Vanda de campo aberto, germinou significativamente no teste de envelhecimento acelerado em 48 horas (tabela 10), porém, em menor porcentagem no de 72 horas (tabela 10), com 54,5% e 16%, respectivamente. Comparando-se ao 0% de germinação do genótipo Vanda obtidos nos testes de germinação, tanto a 20°C quanto a 35°C (tabela 5), nota-se que o efeito da condição adversa, com temperatura de 41°C e uso de solução saturada de cloreto de sódio, pelo período de 48 horas ativou mecanismos de germinação da Vanda, ao passo que em 72 horas, tal estresse tenha sido prejudicial as sementes, com redução acentuada do potencial fisiológico.

Verifica-se que o teste de envelhecimento a 72 horas (tabela 10), onde houve elevado estresse imposto às sementes, foi mais eficiente na estratificação do vigor entre

as épocas, locais e genótipos, sendo suficiente para confirmar os genótipos produzidos no verão/outono (1ª época) indicaram melhores resultados em todo o teste. O resultado corrobora com Barbosa et al. (2011), que aponta o envelhecimento acelerado de sementes por 72 horas a 41°C com solução saturada de NaCl como a combinação de maior potencial para separação de lotes em níveis de vigor em sementes de alface. Resultados semelhantes foram encontrados, ainda, por Panobianco & Marcos Filho (2001), em tomate, Franzin et al. (2004), Nascimento & Pereira (2007) e Santos et al. (2011), em alface.

A partir dos dados observados, nota-se que alguns testes realizados, nesse trabalho, não foram eficazes para determinação da qualidade fisiológica de sementes de alface, quando analisados de forma individual. Como o estudo consistiu em avaliar os mesmos genótipos em diferentes épocas e locais, o efeito do ambiente e também a variabilidade genética influenciaram no comportamento dos genótipos em cada condição. No entanto, através da combinação de informações fornecidas pelos resultados de comparações de médias, evidencia-se que os testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação a 20°C, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência, comprimento de raiz, envelhecimento acelerado (48 e 72 horas) e condutividade elétrica, foram eficientes para avaliação do potencial fisiológico das sementes de alface. Sendo os testes de envelhecimento acelerado 72 horas e condutividade elétrica mais eficazes na estratificação de níveis de vigor nas sementes avaliadas.

Com base nos resultados dos testes adotados, quando analisados de forma conjunta, foi possível constatar, nas condições do trabalho, sobre a época, local e genótipos mais adequados para produção de sementes de alface.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Sementes de genótipos produzidos em campo aberto, na segunda época, apresentaram baixo desempenho, tanto em peso por parcela, peso de mil sementes, quanto nos testes de germinação a 20°C e 35°C e seus testes complementares, mediante, principalmente, a ocorrência de pragas e doenças da alface. Embora o inverno seja a época de menor precipitação e climas amenos, o que é vantajoso para o desenvolvimento da cultura e produção de sementes, esse período é de elevada incidência de insetos praga transmissores de vírus da alface, como pulgões e tripses. Tais condições se mostram ideais para a sobrevivência desses insetos, tornando-os de difícil controle. A elevada ocorrência de pulgões e tripses no campo aberto e telado, durante o inverno, acarretou na grande perda de plantas devido ao LMV (*Lettuce mosaic virus*) e vírus do vira-cabeça ou TSWV (*Tomato spotted wilt virus*), assim como ocorreu, também, perda de um local de produção, a casa de vidro, cujas plantas apresentaram vírus do vira-cabeça e não conseguiram finalizar o ciclo de produção de sementes.

6. CONCLUSÕES

O período verão/outono (1ª época) apresentou melhores condições de desenvolvimento das plantas e produção de sementes, tanto em campo aberto quanto em casa de vegetação.

A produção de sementes dos genótipos Everglades e Vanda, no período do verão, favorece sua capacidade de germinação sob condições de temperaturas elevadas.

Os testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação a 20°C, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência, comprimento de raiz, envelhecimento acelerado (48 e 72 horas) e condutividade elétrica, foram eficientes para avaliação do potencial fisiológico das sementes de alface.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM – Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudas. 2014. 2º levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil. Disponível em [http:// www.abcsem.com.br/](http://www.abcsem.com.br/) . Acesso em: 01 de dezembro de 2016.

ALVARENGA, R. O. **Testes para avaliação do vigor de sementes de milho superdoce**. 2009. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – ESALQ, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 88p. (Contribution, 32).

BARBOSA, R.M.; COSTA, D.S. da; SÁ, M.E. de. Envelhecimento acelerado em sementes de alface. **Ciência Rural**, v.41, p.1899-1902, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. 398 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria** N° 155, de 27 de novembro de 2012. Diário Oficial da União.

CATÃO, H.C.R.M. Termotolerância na germinação e no armazenamento de sementes de alface. 2013. 91p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – UFLA, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

COELHO, C.M.M.; MOTA, M.R.; SOUZA, C.A.; MIQUELLUTI, D.J. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3 p.97-105, 2010.

DAMANIA, A. B. Inhibition of seed germination in lettuce at high temperature. **Seed Research**, New Delli, v. 14, p. 177-184, 1986.

DESAI, B.B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook: biology, production, processing and storage**. New York: Marcel Dekker Inc., 1997. P. 243-358.

DIAS, D.C.F.S.; BHÉRING, M.C.; TOKUHISA, D.; HILST, P.C. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.1, p.154-162, 2006.

DREW, R.L.K; BROCKLEHURST, P.A. Effects of temperature of mother plant environment on yield and germination of seeds of lettuce (*Lactuca sativa*). **Ann. Bot.** v. 66, p. 63-71, 1990.

FERGUSON-SPEARS, J. An introduction to seed vigour testing. In: VENTER, H.A. van de (ed.). **Seed vigour testing seminar**. Zürich: International Seed Testing Association, 1995. p.1-10.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. São Carlos. **Programas e resumos**. São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FRANZIN, S. M.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C. WRASSE, C. F. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 63-69, 2004.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; SANTOS, O.S. Efeito da qualidade das sementes sobre a formação de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.193-197, 2005.

GAGLIARDI, B. **Procedimentos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de pimentão e relações com a emergência de plântulas**. 2009. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALQ, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2009.

GONAI, T.; KAWAHARA, S.; TOUGOU, M.; SATOH, S.; HASHIBA, T.; HIRAI, N.; KAWAIDE, H.; KAMIYA, Y.; YOSHIOKA, T. Abscisic acid in the thermoinhibition of lettuce seed germination and enhancement of its catabolism by gibberellin. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 111–118, 2004.

GRAY, D.; WURR, D.C.E.; WARD, J.A.; FELLOWS, J.R. Influence of post-flowering temperature during seed development, and subsequent performance of crisp lettuce. **Annals of Applied Biology**, v. 113, p. 391-402, 1988.

GUIMARÃES, J.R.M.; MALAVASI, M.M.; LOPES, H.M. Definição do protocolo do teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). **Informativo ABRATES**, Londrina, v.3, n.3, p.138, 1993.

HARRINGTON, J.F.; THOMPSON, R.C. Effect of variety and área of production on subsequent germination of lettuce seed at high temperature. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 59, p. 445-450, 1952.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, n.1, p.123-131, 1997.

KOZAREWA, I., CANTLIFFE, D.J., NAGATA, R.T., STOFELLA, P.J. High maturation temperature of lettuce seeds during development increased ethylene production and germination at elevated temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 131, p. 564-570, 2006.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Testes de vigor: Importância e Utilização**. In: KRZYZANOWSKI, F.C. VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, cap.1, p.1.1-1.20.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. da L. C Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. N. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília, EMBRAPA, 2009. p. 185-246.

McCORMAC, A.C.; KEEFE, P.D.; DRAPER, S.R. Automated vigour testing of field vegetables using image analysis. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.18, p.103-112, 1990.

MENEZES, N.L. de; SANTOS, O.S. dos; SCHMIDT, D. Produção de sementes de alface em cultivo hidropônico. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 30, n. 6, p. 705-706, jul. 2001.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.49-85, 1994.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NASCIMENTO, W.M. Germinação de sementes de alface. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2002. 10 p. (Circular Técnica, 29).

NASCIMENTO, W. M. Mecanismo de germinação de sementes de alface em altas temperaturas: envolvimento da enzima endo-beta-mananase. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 13, n.12, p. 51-54, ago. 2003.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 175-179, 2007.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, p. 306-310. 1998.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 525-531, 2001.

SANTOS, F.; TRANI, P.E.; MEDINA, P.F.; PARISI, J. J. D. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade de sementes de alface e almeirão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 322-330, 2011.

SMITH, O.E.; WELCH, N.C.; McCOY, O.D. Studies on lettuce seed quality. II. Relationship of seed vigor to emergence, seedling weight and yield. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.98, p.552-556, 1973.

STEINER, J.J.; OPOKU-BOATENG, K. Natural season-long and diurnal temperature effects on lettuce seed production and quality. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 116, p. 396-400, 1991

SUNG, Y.; CANTLIFFE, D.J.; NAGATA, R.T. Seed developmental temperature regulation of thermotolerance in lettuce. **Journal of American Society for Horticultural Science** v. 123, n. 4, p. 700-705. 1998.

TESSARIOLI NETO, J. Qualidade fisiológica e tamanho de sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.201-204, jan. 2001.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C.A.S.; SILVA, A.C.T.M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.90-96, 2007.

VIDAVER, W. & HSIAO, A.I.H. Actions of gibberellic acid and phytochrome on the germination of Grand Rapids lettuce seeds. **Plant Physiology**, v. 53, p. 266-268, 1974.

VILLELA, R.P.; SOUZA, R.J.; GUIMARÃES, R.M.; NASCIMENTO, W.M.; GOMES, L.A.A.; CARVALHO, B.O.; BUENO, A.C.R. Produção e desempenho de sementes de cultivares de alface em duas épocas de plantio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 158-169, 2010.

WURR, D.C.E.; FELLOWS, J.R. A determination of the seed vigour and field performance of crisp lettuce seedstocks. **Seed Science and Technology**, v.13, p.11-17, 1985.

CAPÍTULO 2

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE ALFACE DOS GRUPOS CRESPA E LISA EM DIFERENTES ÉPOCAS E LOCAIS DE PRODUÇÃO

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.), destaca-se entre as hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil. Embora apresente sistema produtivo bem consolidado, existe um conjunto de empecilhos ao cultivo de alface nas condições brasileiras, como a baixa tolerância às condições tropicais de plantio, de forma que condições climáticas adversas, principalmente altas temperaturas, favorecem o florescimento precoce e antecipam a colheita. As respostas não coincidentes dos genótipos, nas diferentes regiões, tornam difícil a recomendação de um único genótipo para diversas extensões e condições de cultivo. Nesse contexto, nota-se a importância de se avaliar genótipos de alface em diferentes condições de ambiente. O trabalho teve como objetivo estudar diferentes métodos de estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alface, dos grupos crespa e lisa, em três épocas de cultivo e três locais de produção. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Hortaliças, em três locais, sendo campo aberto, telado e casa de vidro. Os genótipos Everglades, Simpson, BRS Leila, BRS Mediterrânea, Vanda, do grupo crespa e Elisa, alface lisa, foram avaliados em três épocas, sendo época 1, semeadura em dezembro/2015 (verão); época 2, semeadura em abril/2016 (outono); época 3, semeadura em junho/2016 (inverno). O delineamento foi inteiramente casualizado com dez repetições e a característica avaliada foi a data da antese, que consistiu na contagem do número de dias para antese de cada planta. Os dados foram submetidos à análise de variância individual e conjunta visando detectar possível interação genótipos x ambientes. As metodologias empregadas para as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram as de Eberhart & Russell (1966), Cruz et al. (1989) e método do trapézio quadrado segundo Carneiro (1998). Pelo método de Eberhart & Russel (1966), os genótipos BRS Mediterrânea e Vanda mostraram adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e não foram encontrados genótipos de ampla adaptabilidade. O método de Cruz et al. (1989), mostrou-se mais refinado na recomendação de genótipos que o método de Eberhart & Russell (1966). O método do Trapézio Quadrático segundo Carneiro (1998), destacou-se entre os métodos estudados, devido à recomendação imediata dos genótipos.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., antese, interação genótipo x ambiente.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) stands out among the most consumed leafy vegetables in Brazil. Although there is a well-established productive system, there is a set of obstacles to lettuce cultivation under Brazilian conditions, such as low tolerance to tropical planting conditions, so that adverse climatic conditions, especially high temperatures, favor early flowering and anticipate harvest. The non-coincident responses of the genotypes in the different regions make it difficult to recommend a single genotype for several and growing extensions and conditions. In this context, it is important to evaluate lettuce genotypes in different environmental conditions. The objective of this work was to study different methods to estimate the adaptability and stability parameters of lettuce genotypes, both crisp and smooth, in three growing seasons and three production sites. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Vegetables, in three locations, particularly open field, greenhouse and glass house. The Everglades, Simpson, BRS Leila, BRS Mediterranean, Vanda genotypes, of the crisp group and Elisa genotype, were evaluated in three seasons: season 1, sowing in December/2015 (summer); season 2, sowing in April/2016 (autumn); season 3, sowing in June/2016 (winter). The design was completely randomized with ten repetitions and the evaluated characteristic was the anthesis date, which consisted in counting the days until each plant's anthesis. The data was submitted to individual and joint variance analysis to detect possible genotype x environment interaction. The methodologies applied for the adaptability and stability parameters estimation were those of Eberhart & Russell (1966), Cruz et al. (1989) as the methodology of Carneiro (1998). By the Eberhart & Russell method (1966), the BRS Mediterranean and Vanda genotypes showed specific adaptability to unfavorable environments and no genotypes of wide adaptability were found. It was noticeable that Cruz et al. (1989) methodology was more efficient on genotypes recommendation than Eberhart & Russell (1966). The methodology of Carneiro (1998) was more suitable due to the immediately recommendation of genotypes.

Key words: *Lactuca sativa* L., anthesis, genotype x environment interactions

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), destaca-se entre as hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil, por sua importância alimentar como fonte de vitaminas, sais minerais e fibras (Bezerra Neto et al., 2005; Santi et al., 2010). Devido à sua alta perecibilidade, normalmente é plantada próximo aos centros consumidores, chamados cinturões verdes.

A alface é uma cultura sensível às condições climáticas, principalmente ao excesso de chuvas e altas temperaturas, sendo mais adaptada a temperaturas amenas (Oliveira et al., 2004; Souza et al., 2008). A cultura apresenta faixa ideal de temperatura para produção de folhas e cabeças de 12°C a 22°C (Filgueira, 2008), temperaturas superiores a 22°C favorecem o florescimento precoce e antecipam a colheita (Mota et al., 2003). O florescimento precoce estimula a produção de látex, que torna o sabor das folhas mais amargo e impróprio para consumo (Cock et al., 2002). A fim de solucionar este problema, a colheita das plantas é realizada precocemente, o que resulta em produtos de qualidade inferior, com menor peso e número de folhas (Carvalho Filho et al., 2009), consequentemente, prejuízos para o produtor (Whitaker & Ryder, 1974).

Embora apresente sistema produtivo bem consolidado, existe um conjunto de empecilhos ao cultivo de alface nas condições brasileiras, como a baixa tolerância às condições tropicais de plantio, de forma que condições climáticas adversas, principalmente altas temperaturas, limitam a produção a curtos períodos do ano e, ainda assim, apresenta restrições (Silva et al. 1999). Evidencia-se a falta de pesquisas sobre cultivares adaptadas a regiões quentes, bem como informações técnicas sobre melhor manejo da cultura em tais condições (Grangeiro et al., 2006). O desenvolvimento de novas cultivares, por meio do melhoramento genético, e alternativas de cultivo, como cultivo protegido, que visem reduzir o efeito negativo das altas temperaturas, luminosidade e precipitação sobre a cultura são essenciais para o sucesso da expansão do cultivo de alface em regiões tropicais (Blind; Silva Filho, 2015). Nesse contexto, nota-se a importância de se avaliar genótipos de alface nas condições específicas às quais serão plantadas em larga escala (Suinaga et al., 2013).

A avaliação de genótipos em diferentes ambientes permite estimar parâmetros genéticos – estatísticos que visam quantificar a interação genótipo x ambiente presente

na expressão fenotípica de uma população. As respostas não coincidentes dos genótipos, nas diferentes regiões, tornam difícil a recomendação de um único genótipo para diversas extensões e condições de cultivo (Carvalho et al.,2014).

Diversas estratégias são adotadas para contornar os inconvenientes proporcionados pela interação genótipo x ambiente, sendo os estudos de adaptabilidade e estabilidade amplamente utilizados, apresentando, ainda, dezenas de metodologias. A utilização de cultivares adaptadas às condições ambientais de cada região aliada a práticas que visem à diminuição dos efeitos da luminosidade e temperatura pode contribuir para o aumento da qualidade e produtividade da alface (Silva et al., 1999). Na literatura, poucos são os trabalhos sobre adaptabilidade e estabilidade na cultura da alface, destacando-se, assim, estudos realizados por Gualberto et al. (2009), Queiroz et al. (2014) e Nascimento (2016).

2. OBJETIVOS GERAIS

O trabalho teve como objetivo avaliar genótipos de alface em três épocas de cultivo, sendo verão, outono e inverno, em três locais de produção, no campo aberto, telado e casa de vidro.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar genótipos de alface pelo método de Eberhart & Russell (1966);
- Avaliar genótipos de alface pelo método de Cruz et al. (1989);
- Avaliar genótipos de alface pelo método do trapézio quadrático segundo Carneiro (1998)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento e época

O trabalho foi realizado na área experimental da Embrapa Hortaliças (DF), situada na rodovia DF- 158, área rural Ponte Alta, Distrito Federal e localizada geograficamente a 15° 56' 32" de latitude, 48° 08' 25" de longitude Oeste e 997,6 metros de altitude.

Foi realizado em três épocas de semeadura e em três locais, conforme descrito a seguir.

Épocas:

Época 1 (Verão): semeadura em 21/12/2015, transplântio em 18/01/2016.

Época 2 (Outono): semeadura em 08/04/2016, transplântio em 05/05/2016.

Época 3 (Inverno): semeadura em 27/06/2016, transplântio em 25/07/2016.

Locais:

Campo aberto: área aberta localizada próximo ao telado, com presença de bancadas, onde foram dispostos os vasos.

Casa de vidro: estufa modelo capela com cobertura e cortinamento de vidro, semi-climatizada.

Telado: estufa modelo teto em arco, tipo não climatizada, com cobertura de material plástico e cortinamento de malha.

3.2 Genótipos

Os genótipos de alface utilizados foram: everglades, do tipo lisa, apresenta ciclo precoce e sementes escuras, é considerada termotolerante e resistente ao LMV. Simpson, alface crespa e com folhas recortadas, não forma cabeça, apresenta ciclo médio de 35 a 40 dias, sementes escuras. Vanda, alface crespa com plantas de porte grande, folhas compridas, ciclo médio de 55 dias, sementes escuras e alto nível de resistência ao LMV-II. BRS Leila e BRS Mediterrânea, genótipos de alface da Embrapa Hortaliças, do tipo crespa com folhas compridas, apresentando sementes escuras e brancas, respectivamente.

Elisa, do tipo lisa e com coloração verde-clara e plantas grandes, ciclo médio de 58 dias e alto nível de resistência ao LMV-II.

3.3 Produção de mudas, transplântio e manejo

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, em condição de casa de vegetação, contendo substrato comercial. Após a semeadura, as bandejas foram cobertas com fina camada de substrato e mantidas na câmara fria por 48 horas. A repicagem ocorreu quinze dias após a semeadura e aos trinta dias as mudas foram transplantadas para vasos de cinco litros, devidamente posicionados em cada local de estudo, sendo utilizados dez vasos por genótipo. Cada vaso foi identificado com uma placa de identificação com nome do genótipo e número da repetição.

Aos 20 dias após o transplântio foi realizada adubação de cobertura com sulfato de amônia, sendo repetido, posteriormente, de dez em dez dias. Foram realizadas aplicações de inseticida, com intervalos semanais entre cada aplicação, no controle de mosca-branca, tripses e pulgão. As plantas, ao atingirem aumento no comprimento, foram tutoradas com bambu e presas com barbante, de forma a evitar tombamentos.

3.4 Avaliação da data da antese

As plantas foram numeradas e foi realizada a contagem do número de dias para antese de cada planta, a partir da semeadura. Após o início do pendramento, as plantas foram observadas diariamente até a abertura da primeira flor.

3.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com dez repetições. Cada planta correspondeu a uma repetição. Os ensaios com os cinco genótipos, Everglades, Simpson, Vanda, BRS Leila e BRS Mediterrânea, conduzidos em três épocas (1, 2 e 3) e em três locais de cultivo, casa de vidro, telado e campo aberto, totalizando nove experimentos. Foram realizadas análises de variância individuais para cada grupo de ensaios e, posteriormente, análise conjunta com todos os ambientes.

Constituíram-se nove ambientes para cada um dos genótipos testados:

Ambiente 1: época 1, cultivo no campo aberto;

Ambiente 2: época 1, cultivo na casa de vidro;

Ambiente 3: época 1, cultivo no telado;

Ambiente 4: época 2, cultivo no campo aberto;

Ambiente 5: época 2, cultivo na casa de vidro;

Ambiente 6: época 2, cultivo no telado;

Ambiente 7: época 3, cultivo no campo aberto;

Ambiente 8: época 3, cultivo na casa de vidro;

Ambiente 9: época 3, cultivo no telado.

3.5.1 Análise de variância individual

Para a análise de variância de cada experimento foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ik} = \mu + G_i + e_{ik}$$

Em que:

Y_{ik} = valor observado do i -ésimo genótipo, no k -ésimo bloco;

μ = média geral;

G_i = efeito do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$);

e_{ik} = erro aleatório.

Os efeitos de genótipos foram considerados fixos e os demais, aleatórios. Foram admitidas as seguintes pressuposições:

$$\sum_{i=1}^g g_i = 0$$

$$e_{ik} \sim \text{NID}(0, \sigma^2);$$

e_{ik} é independente.

O esquema da análise de variância para cada ensaio está exposto na tabela 1.

Tabela 1. Esquema da análise da variância individual e esperanças de quadrado

FV	GL	QM	E(QM)
Genótipos	$g - 1$	QMG	$\sigma^2 + r\phi_g$
Resíduo	$(r-1)(g-1)$	QMR	σ^2

$$\phi_g = \frac{\sum_i G_i^2}{(g - 1)}$$

3.5.2 Análise de variância conjunta

Na análise conjunta a relação entre o maior quadrado médio do resíduo pelo menor, obtendo-se valor inferior a sete, foi realizada conforme o critério proposto por Pimentel Gomes (1985).

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = valor observado do i -ésimo genótipo, no j -ésimo ambiente e no k -ésimo bloco;

μ = média geral do ensaio;

G_i = efeito do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$);

A_j = efeito do j -ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, a$); e

GA_{ij} = efeito da interação do i -ésimo genótipo com o j -ésimo ambiente;

e_{ijk} = erro aleatório.

O esquema de análise de variância conjunta encontra-se na tabela 2.

Tabela 2. Esquema da análise de variância conjunta e esperanças de quadrado médio (QM).

FV	GL	QM	E(QM)
Ambientes (A)	a - 1	QMA	$\sigma^2 + g\sigma_{b/a}^2 + gr\sigma_a^2$
Genótipo (G)	(g-1)	QMG	$\sigma^2 + r\sigma_a^2 + ar\phi_g$
GxA	(g-1)(a-1)	QMGxA	$\sigma^2 + r\sigma_{ga}^2$
Resíduo	a(g-1)(r-1)	QMR	σ^2

3.5.3 Análise de adaptabilidade e estabilidade da avaliação de número de dias para abertura floral da alface

3.5.3.1 Método da regressão linear simples por Eberhart & Russel (1966)

Este método baseia-se na análise de regressão linear, que mede a resposta de cada genótipo às variações ambientais. O coeficiente de regressão dos valores fenotípicos de cada genótipo em relação ao índice ambiental e os desvios desta regressão proporcionam estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, respectivamente. O modelo adotado é dado por:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{li}I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} – média de datas de avaliação da antese do genótipo i, no ambiente j;

β_{oi} – constante de regressão; dado por $\beta_{oi} = \bar{Y}_i$.

β_{li} – coeficiente da regressão linear que mede a resposta do i-ésimo genótipo à variação dos ambientes;

I_j – índice ambiental codificado ($\sum_i I_j = 0$), dado por:

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y \dots;$$

δ_{ij} – desvio da regressão

$\bar{\epsilon}_{ij}$ – erro experimento médio

Estimação do parâmetro de estabilidade $\sigma_{\delta_i}^2$

$$\sigma_{\delta_i}^2 = \frac{QMD_1 - QMR}{r}, \text{ em que } QMD_1 = \frac{r}{a-1} \left[\sum_j Y_{ij} - \frac{Y_i^2}{a} - \frac{(\sum_j Y_{ij} l_j)^2}{\sum_j l_j^2} \right]$$

$$\text{Teste de } \hat{\beta}_{li} \begin{cases} H_0: \sigma_{\delta_i}^2 = 0 \\ H_0: \sigma_{\delta_i}^2 \neq 0 \end{cases} \quad F_{tab} (\sigma: 2 - 2: glResíduo)$$

$$Fc = \frac{QMD_i}{QMR}$$

Cálculo do R_i^2 (%):

$$R_i^2 (\%) = \frac{SQ (regressão)}{SQ \left(\frac{A}{\bar{G}_i} \right)} \times 100$$

Eberhart & Russel (1966) consideram como genótipo ideal aquele que apresenta alta produção média, coeficiente de regressão igual a 1,0 e desvios da regressão tão pequenos quanto possíveis.

Cruz & Regazzi (1997) conceitua adaptabilidade como a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente. Os genótipos quanto adaptabilidade são classificados como:

- a) Genótipo de adaptabilidade geral ou ampla: ($\beta_1 = 1$);
- b) Genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis: ($\beta_1 > 1$);
- c) Genótipos com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis: ($\beta_1 < 1$, $\sigma_{\delta_i}^2 = 0$ e β_0 acima da média geral).

Com relação à estabilidade dos genótipos, admitindo que é verificada quando os genótipos mostram um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (Cruz; Regazzi, 1997). É avaliada pelo componente de variância atribuído aos desvios da regressão ($\sigma_{\delta_i}^2$), sendo os genótipos classificados como:

- a) Genótipos com estabilidade ou previsibilidade alta: aqueles com ($\sigma_{\delta_i}^2$) igual a 0;
- b) Genótipos com estabilidade ou previsibilidade baixa: aqueles com ($\sigma_{\delta_i}^2$) maior que 0.

3.5.3.2 Método da regressão linear bi-segmentada de Cruz, Torres e Vencovsky (1989)

Este método baseia-se na análise de regressão bissegmentada e tem, como parâmetros de adaptabilidade, a média ($\hat{\beta}_{0i}$) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) e aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$). A estabilidade dos genótipos é avaliada pelo desvio da regressão $\sigma_{\delta_1}^2$ de cada genótipo em função das variações ambientais.

O modelo adotado é dado por:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}, \beta_{0i}, I_j, \delta_{ij}, \varepsilon_{ij}$ definidos como anteriormente;

β_{1i} – Coeficiente da regressão linear que mede a resposta do i-ésimo genótipo à variação dos ambientes desfavoráveis;

$\beta_{1i} + \beta_{2i}$ – coeficiente da regressão linear que mede a resposta do i-ésimo genótipo à variação dos ambientes favoráveis;

Para o cálculo dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade são necessárias as seguintes estatísticas auxiliares:

$$T(I_j) \begin{cases} = 0 \rightarrow se \rightarrow I_j < 0 \\ = I_j - \bar{I}_+ \rightarrow se \rightarrow I_j > 0 \end{cases}$$

\bar{I}_+ = média dos índices I_j positivos

$$\hat{\beta}_{0i} = Y_i = \frac{\sum Y_{ij}}{a}$$

$$\hat{\beta}_{1i} = \frac{\sum Y_{ij}I_j - \sum Y_{ij}T(I_j)}{\sum I_j^2 - \sum T^2(I_j)}$$

$$\text{Teste de } \hat{\beta}_{1i}^2 \begin{cases} H_0: \beta_{1i} = 0 \\ H_a: \beta_{1i} \neq 0 \end{cases}$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_{li} - 0}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{li})}}$$

$$\hat{V}(\hat{\beta}_{li}) = \frac{\hat{\sigma}^2}{r[\Sigma_j I_j^2 - \Sigma_j T^2(I_j)]}$$

$$\text{Teste de } \beta_{2i} \begin{cases} H_0: \beta_{2i} = 1 \\ H_a: \beta_{2i} \neq 1 \end{cases}$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_{2i} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{2i})}}$$

$$\hat{\beta}_{2i} = \frac{\Sigma I_j^2 \Sigma Y_{ij} T(I_j) - \Sigma T^2(I_j) \Sigma Y_{ij} I_j}{\Sigma T^2(I_j) [\Sigma I_j^2 - \Sigma T^2(I_j)]}$$

$$\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i} = \frac{\Sigma Y_{ij} T(I_j)}{\Sigma T^2(I_j)}$$

$$\text{Teste de } \hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i} \begin{cases} H_0: \hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i} = 1 \\ H_a: \hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i} \neq 1 \end{cases}$$

$$t = \frac{(\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i}) - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i})}}$$

$$\hat{V}(\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{2i}) = \frac{\hat{\sigma}^2}{r[\Sigma T^2(I_j)]}$$

O grau de estabilidade dos genótipos é avaliado com base no QMDi(σ_{di}^2), e para sua estimativa, tem-se:

$$SQ_1 \text{ (total da regressão)} = SQ \text{ (A/G}_1)$$

$$\text{Teste do QM (Regressão)} \begin{cases} H_0: \sigma_r^2 = 0 \\ H_a: \sigma_r^2 \neq 0 \end{cases}$$

$$F_c = \frac{QM(\text{regressão})}{QMR}$$

Estimativa do $\sigma_{\delta_i}^2$

$$\hat{\sigma}_{\delta_i}^2 = \frac{QMD_1 - QMR}{r}$$

Cálculo do R_i^2 (%)

$$R_i^2(\%) = \frac{SQ(\text{regressão})}{SQ(\frac{A}{G_i})} \times 100$$

Os genótipos foram classificados da seguinte maneira:

- a) Genótipo ideal: ($\beta_1 < 1$, $\beta_1 + \beta_2 > 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_0 acima da média geral);
- b) Genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis:
($\beta_1 > 1$, $\beta_1 + \beta_2 > 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_0 acima da média geral);
- c) Genótipos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis:
($\beta_1 < 1$, $\beta_1 + \beta_2 < 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_0 acima da média geral);

3.5.3.3 Método do trapézio quadrático de Carneiro (1998)

Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade dos dias para antese das plantas de alface, foi adotado o método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação residual (CV), proposta por Carneiro (1998), dada pela estatística a seguir:

$$P_i = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{Y_{g(j+1)} + Y_{gj}}{2} \right) - \left(\frac{Y_{i(j+1)} + Y_{ij}}{2} \right) \right]^2 (\bar{Y}_{(j+1)} - \bar{Y}_j)$$

P_i : estimativa da estatística MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento) do genótipo i ;

Y_{ij} : dias para antese do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente;

Y_{mj} : estimativa dos dias para antese médio do genótipo hipotético ideal no ambiente j ;

Dado que $Y_g = Y_{mj}$, estabelecido conforme Cruz et al. (1989), dado a seguir:

$$Y_g = Y_{mj} = \beta_{0m} + \beta_{1m}I_j + \beta_{2m}T(I_j)$$

Y_{mj} : resposta ideal do genótipo hipotético do ambiente j ;

β_{0m} : valor fornecido para que a resposta ideal seja máxima para todos os ambientes.

(I_j) : índice ambiental codificado por:

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y$$

Que apresenta as seguintes pressuposições:

$$T(I_j) \begin{cases} -0 \rightarrow se \rightarrow I_j < 0 \\ -I_j - \bar{I}_+ \rightarrow se \rightarrow I_j > 0 \end{cases}$$

Foi atribuído o valor máximo de florescimento em todo o ensaio, pois assim elimina-se o risco de excluir algum genótipo por apresentar valores que ultrapassem o genótipo ideal em qualquer que seja o ambiente considerado. Desse modo, o genótipo de melhor performance é o que mais se aproxima do número de dias ideal para antese para cada ambiente (Figura 4).

Essa estatística é ponderada pelo fator f dado a seguir:

$$f = \frac{CV_i}{CVT'}$$

Em que:

CV_i , que representa o coeficiente de variação residual do ambiente j ;

CVT corresponde a some dos coeficientes de variação dos j ambientes.

Dessa forma, os ensaios com maior precisão experimental (menor CV) terão maior número de dias para antese na estimativa de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos.

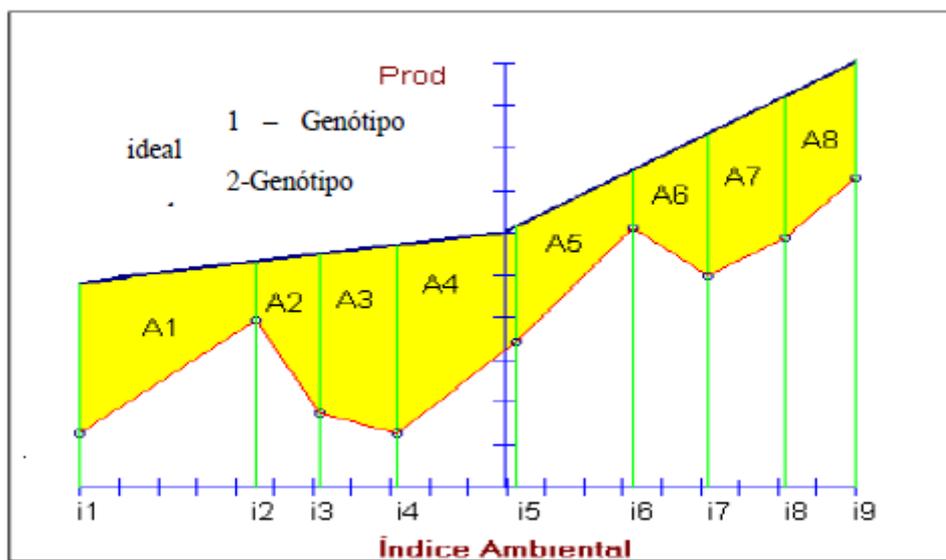


Figura 4: Ilustração da distância de um genótipo qualquer em relação ao cultivar ideal dada pela diferença de área de trapézios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância individual

De acordo com os dados climáticos no interior do telado (figura 1), no período de produção de alface, a temperatura máxima no verão (1ª época), variou de 39 a 44°C, média com 25°C e mínima entre 13 a 16°C, enquanto a temperatura máxima no outono (2ª época), variou entre 38 a 43°C, sendo a temperatura média entre 22 e 25°C e a mínima entre 9 a 15°C, aproximadamente. A terceira época foi marcada por temperatura máxima entre 39 e 41°C, média entre 21 a 26°C e mínima entre 10 e 17°C.

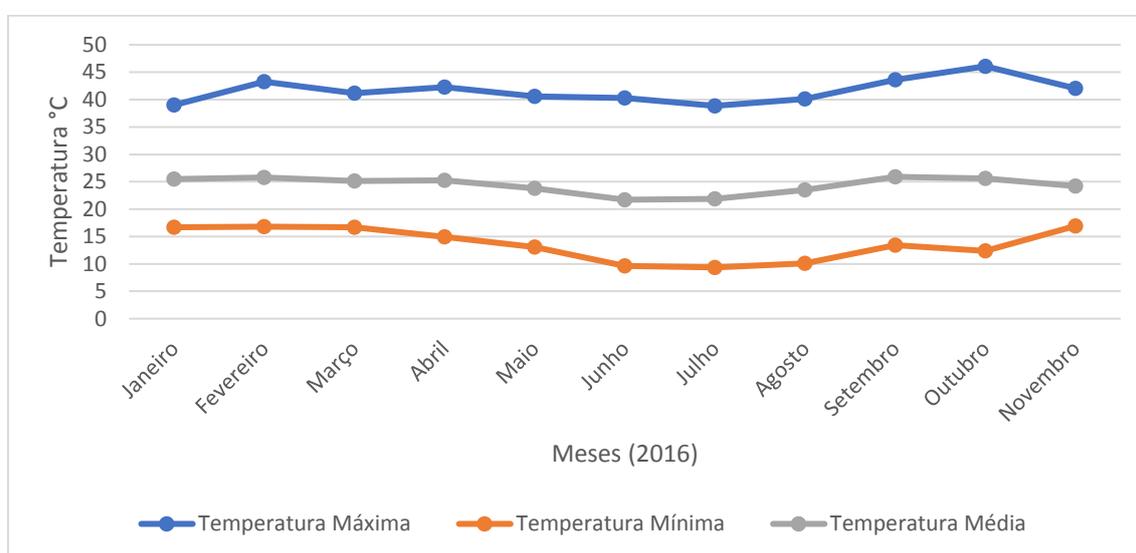


Figura 1. Média mensal de temperatura máxima, mínima e média, registrada no telado no decorrer do período de produção de sementes de alface nas épocas de verão (2016), outono (2016) e inverno (2016), na Embrapa Hortaliças. Verão (1ª época): janeiro, fevereiro, março, abril e maio. Outono (2ª época): abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Inverno (3ª época): junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Brasília, DF.

No campo aberto, na época verão (1ª época), as temperaturas máximas e médias ficaram na faixa de 30°C e 24°C, com baixa oscilação nesse período, enquanto as temperaturas mínimas variaram entre 17 e 14°C, aproximadamente. Observa-se redução da temperatura a partir do mês de maio, marcando assim, a segunda época de produção com temperaturas amenas, com máximas que variaram entre 30 e 34°C, médias de 24 a 20°C e mínimas entre 15 e 10°C. A terceira época apresentou temperaturas máximas entre 28 e 34°C, médias de 20 a 24°C e mínimas entre 11 e 16°C.

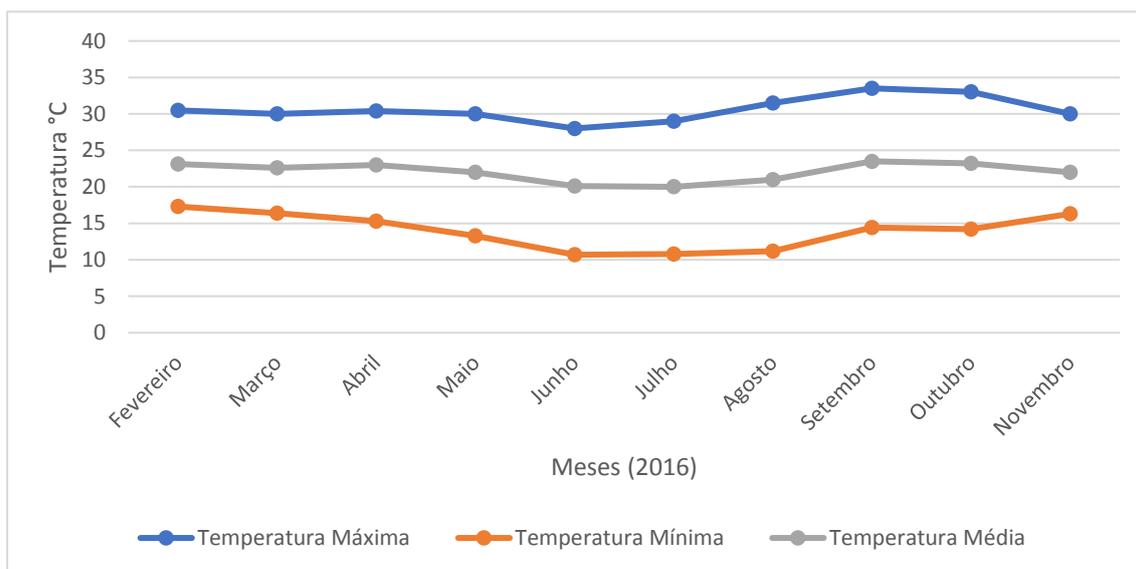


Figura 2. Média mensal de temperatura máxima, mínima e média, registrada no campo aberto no decorrer do período de produção de sementes de alface nas épocas de verão (2016), outono (2016) e inverno (2016), na Embrapa Hortaliças. Verão (1ª época): fevereiro, março, abril e maio. Outono (2ª época): abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Inverno (3ª época): junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Brasília, DF.

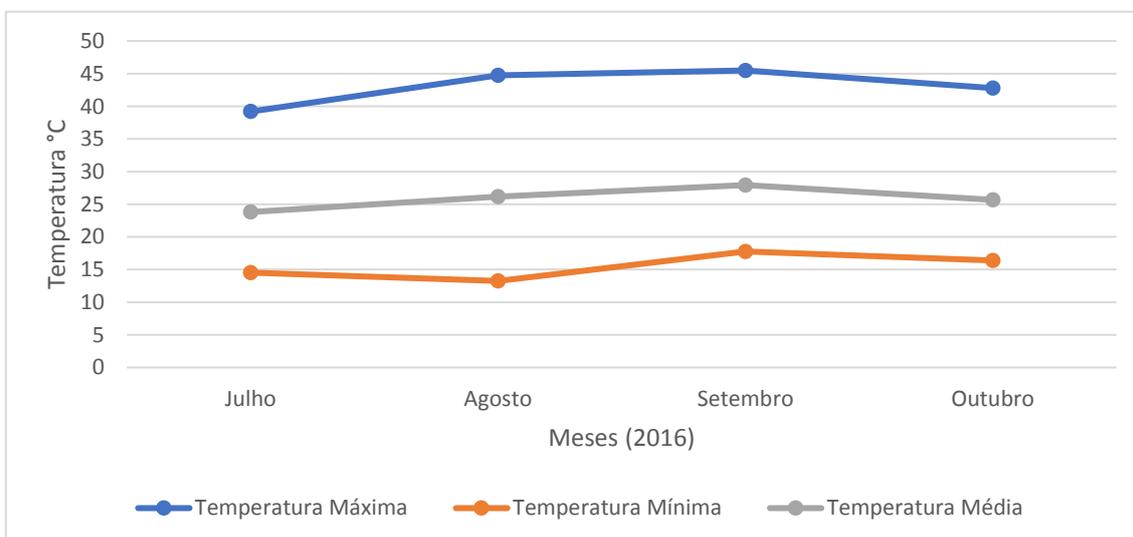


Figura 3. Média mensal de temperatura máxima, mínima e média, registrada na casa de vidro no período de inverno (2016), na Embrapa Hortaliças. Inverno (3ª época): julho, agosto, setembro, outubro. Brasília, DF.

Os dados de temperatura no interior da casa de vidro estão dispostos na figura 3, onde há apenas os dados referentes à terceira época. Observa-se que as temperaturas máximas variaram entre 40 e 45°C, enquanto as médias e mínimas variaram de 24 a 29°C e 15 a 7°C, respectivamente.

Os resumos das análises de variância individuais da característica antese (dias), dos genótipos de alface (Crespa e Lisa), para cada ambiente (época x local de produção) estão apresentados na tabela 1. A partir dos dados obtidos, observa-se que houve efeito significativo dos genótipos a 1% de probabilidade pelo teste F, em todos os ambientes, os quais compreendem diferentes épocas e locais.

De modo geral, os experimentos apresentaram boa precisão experimental, com coeficientes de variação (CV) abaixo de 7% (tabela 1), o que demonstra confiança nos resultados obtidos.

Tabela 1 – Resumo das análises de variância individuais dos ensaios de antese de genótipos de alface conduzidos em diversos ambientes. Brasília, DF, 2016.

Ambientes		QMGenótipos ¹	Antese (dias)	CV (%)
Época	Local			
1	Campo Aberto	785,04**	105	1,70
1	Casa de Vidro	682,67**	96	2,70
1	Telado	1526,98**	103	6,02
2	Campo Aberto	2535,44**	132	2,74
2	Casa de Vidro	1268,77**	114	1,52
2	Telado	1127,20**	121	2,27
3	Campo Aberto	1257,04**	119	2,54
3	Casa de Vidro	1219,94**	121	1,25
3	Telado	1077,64**	110	2,91

^{1**} significativo a 1% pelo teste F.

A época 1, com florescimento nos meses de fevereiro, março e abril de 2016, foi marcada por temperaturas elevadas (figuras 1 e 2), as quais explicam a precocidade no pendoamento e florescimento, que é acentuado à medida que se eleva a temperatura (Silva, 1997). Já na época 2, com florescimento em junho, julho e agosto, predominou o período da seca (figuras 1 e 2), com temperaturas elevadas durante o dia e amenas à noite, além de ausência de precipitação, condições que favorecem o período vegetativo e retardam a emissão da haste ou pendão floral. Assim, a época 2 seguiu conforme as recomendações de Viggiano (1990), cujo plantio deve ser realizado em épocas de temperaturas mais amenas, para que ocorra o favorecimento da fase vegetativa antes do

início da fase reprodutiva. A época 3 apresentou dias para antese com valor entre a primeira e segunda épocas, sendo, assim, intermediário.

Altas temperaturas influenciam de forma negativa a fisiologia da produção de alface, diminuindo o estágio vegetativo, antecipando assim a colheita. Além disso, temperaturas elevadas induzem, ainda, o florescimento precoce, que é acompanhado pela produção de látex, o que torna o sabor da folhosa excessivamente amargo e inviabiliza sua comercialização (Silva et al., 1999). Logo, a temperatura é o fator mais importante para o pendoamento e florescimento da alface (Viggiano, 1990).

Na tabela 2 estão apresentados os resultados do número médio de dias para antese dos seis genótipos de alface avaliados nos nove ambientes (três épocas x três locais).

Tabela 2 – Dias para antese de genótipos de alface conduzidos sob nove diferentes ambientes. Brasília, DF, 2016.

Genótipos	Ambientes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BRS Leila	116 A	106 A	126 A	163 A	134 A	131 A	137 A	137 A	123 A
BRS Mediterrânea	115 A	106 A	120 A	135 B	128 B	133 A	124 B	127 C	117 B
Elisa	117 A	102 A	108 B	157 A	121 C	138 A	131 B	130 B	126 A
Everglades	84 D	81 B	77 C	102 D	97 E	100 C	103 C	101 D	90 C
Simpson Black Seed	92 C	78 B	83 C	106 D	89 F	101 C	91 D	96 E	89 C
Vanda	105 B	105 A	103 B	126 C	117 D	124 B	126 B	132 B	114 B
Média	105	96	103	132	114	121	119	121	110
CV (%)	1,70	2,70	6,02	2,74	1,52	2,27	2,54	1,25	2,91
DMS (1%)	5,15	7,54	17,91	8,30	5,03	7,96	8,73	4,37	9,25

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 1% de significância. Ambiente 1: época 1, cultivo no campo aberto; Ambiente 2: época 1, cultivo na casa de vidro; Ambiente 3: época 1, cultivo no telado; Ambiente 4: época 2, cultivo no campo aberto; Ambiente 5: época 2, cultivo na casa de vidro; Ambiente 6: época 2, cultivo no telado; Ambiente 7: época 3, cultivo no campo aberto; Ambiente 8: época 3, cultivo na casa de vidro; Ambiente 9: época 3, cultivo no telado.

A partir dos dados de dias para antese obtidos (tabela 2), evidencia-se que os genótipos Everglades e Simpson Black Seed, não diferiram estatisticamente nos ambientes 2,3,4,6 e 9. Contudo, tais genótipos diferiram nos ambientes 1,5,7 e 8, nos quais o número de dias para antese de Simpson Black Seed foi inferior ao de Everglades, exceto no ambiente 1, onde Everglades mostrou-se mais precoce.

De forma geral, Simpson e Everglades apresentaram menor número de dias para antese, quando comparados com todos os genótipos avaliados, conferindo-lhes maior precocidade no florescimento. Resultados semelhantes relacionados à precocidade foram relatados por Villela et al. (2010), Castro et al. (2011) e Azevedo et al. (2000) com o genótipo Simpson Black Seed e Rezende (2013), com o genótipo Everglades.

Observa-se que o genótipo BRS Leila obteve maior média de dias para antese em todos os ambientes avaliados. Contudo, no ambiente 2, este não diferiu estatisticamente de BRS Mediterrânea, Elisa e Vanda, sendo os mesmos genótipos, exceto Vanda, nos ambientes 1 e 6. BRS Leila não diferiu estatisticamente de BRS Mediterrânea, no ambiente 3, tampouco de Elisa, nos ambientes 4 e 9, contudo, diferiu de todos os demais nos ambientes 5,7 e 8. O genótipo Vanda apresentou médias intermediárias de dias para o florescimento nos ambientes 1, 3, 6, 7, 8 e 9. Sendo que, no ambiente 7, Vanda não diferiu estatisticamente de Elisa e BRS Mediterrânea, enquanto que, nos ambientes 3 e 8, não diferiu apenas de Elisa e no ambiente 9 apenas de BRS Mediterrânea.

Nos ambientes 4 e 5 (tabela 2), o genótipo BRS Mediterrânea apresentou médias intermediárias, diferindo dos demais genótipos. Houve estratificação das médias de dias para antese em todos os ambientes, exceto o ambiente 2, onde BRS Leila, BRS Mediterrânea, Elisa e Vanda apresentaram médias superiores, ou seja, floresceram mais tardiamente.

Considerando todos os ambientes avaliados, os genótipos Everglades e Simpson Black Seed se apresentaram mais precoces, enquanto BRS Leila obteve a maior média de dias para antese, sendo tardia.

Aguiar (2001), Fiorini et al. (2005), Silva (1997), Silva et al. (2002) e Silveira et al. (2002) realizaram trabalhos que mostraram que é possível selecionar plantas que emitam pendão floral e floresçam tardiamente, mesmo em condições de temperaturas

altas, sendo um dos principais objetivos dos trabalhos de melhoramento de alface no Brasil; o lançamento de cultivares com maior tolerância ao florescimento precoce.

Dias longos associados a temperaturas altas estimula o processo de florescimento, o qual depende da cultivar avaliada (Nagai, 1980; Ryder, 1986; Viggiano, 1990). Assim, pelos resultados obtidos (tabela 2), percebe-se que alguns genótipos apresentam comportamento variável frente às condições do ambiente, tais como BRS Mediterrânea, Elisa e Vanda.

Diante disso, nos ambientes 1 e 6, BRS Mediterrânea e Elisa exibiram florescimento mais tardio e Vanda foi intermediária, já no ambiente 3, apenas BRS Mediterrânea foi tardia e Elisa e Vanda foram intermediárias; nos ambientes 4 e 9, apenas Elisa mostrou-se tardia enquanto Vanda e BRS Mediterrânea foram intermediárias e nos ambientes 5,7 e 8, BRS Mediterrânea, Elisa e Vanda foram intermediárias.

Divergência de resultados relacionados a influência do ambiente no florescimento do genótipo Elisa foram relatados por Rezende (2013) e Silva et al. (1999), no qual Elisa mostrou-se mais tardia em Ijaci- MG e região Norte Fluminense, respectivamente, e por Villela et al. (2010), onde Elisa foi uma das cultivares mais precoces na abertura da primeira flor, em Lavras- MG.

4.2 Análise de variância conjunta

O resumo da análise de variância conjunta dos genótipos de alface conduzidos em três épocas e locais distintos é apresentada na tabela 3. A relação entre o maior quadrado médio do resíduo pelo menor está de acordo com o sugerido por Pimentel Gomes (1985), sendo inferior a sete, para realização da análise conjunta dos dados, podendo-se concluir a homogeneidade de variância dos ensaios em avaliação.

A partir dos dados presentes na tabela 3, verifica-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para ambientes, genótipos e interação genótipos x ambientes (GxA), o que evidencia diferenças marcantes entre genótipos e ambientes, bem como a existência de diferenças genéticas entre os genótipos quanto à resposta às variações ambientais.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância conjunta dos ensaios de antese de genótipos de alface conduzidos em diferentes épocas e locais. Brasília, DF, 2016.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios ¹
Blocos/Amb	24	73,32
Ambientes	7	2982,24**
Genótipos	5	8865,48**
GxA	35	135,24**
Resíduo	120	7,44
Total	191	
Média		115
CV (%)		2,36
Maior QMR/Menor QMR		6,10

¹** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

O efeito significativo de genótipo na presença de interação genótipos x ambientes, com variância também significativa, evidencia elevada variabilidade entre os genótipos avaliados, uma vez que o componente de variância da interação GxA tende a reduzir ou consumir a variabilidade estimada entre os materiais. Já o efeito significativo de ambientes possibilita concluir que os experimentos foram conduzidos em ambientes que apresentaram variação suficiente para discriminar os genótipos avaliados, enquanto o efeito significativo da interação genótipos x ambientes indica que os genótipos apresentaram comportamento diferencial ao longo dos ambientes (Oliveira, 2004).

Conforme Pimentel Gomes (1985), experimentos que apresentam coeficiente de variação compreendido no intervalo de 10%-20%, apresentam boa precisão. Desse modo, o coeficiente de variação experimental foi de 2,36%, indicando bom controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes experimentais, para a variável estudada.

Os estudos sobre interação genótipo x ambiente são importantes no desenvolvimento de novas cultivares. No caso da alface, são poucos os estudos sobre essa interação e, conseqüentemente, ocorrem tomadas de decisões pouco acertadas acerca da utilização de cultivares em ambientes específicos (Gualberto et al., 2009). Com relação às interações genótipos x ambientes na cultura da alface, pode-se destacar os estudos

realizados por Figueiredo et al. (2004), Hotta. (2008), Gualberto et al. (2009), Viana et al. (2013), Blind & Silva Filho. (2015) e Nascimento (2016).

O componente interação genótipos x ambientes, apesar de sua importância para o melhoramento genético, não proporciona informações particulares sobre o desempenho de cada genótipo frente às variações ambientais (Cruz; Regazzi, 1997). Diante disso, ressalta-se a importância do estudo de parâmetros que estimam a adaptabilidade e estabilidade fenotípica, visto que essas estimativas caracterizam um grupo de genótipos quanto à resposta relativa às variações de ambiente (Coimbra et al., 1999).

4.3 Adaptabilidade e estabilidade dos genótipos

4.3.1 Método de Eberhart & Russell (1966)

Os resumos das análises de variância conjunta com a decomposição da soma de quadrados de ambientes, dentro de genótipos (A/G), nos efeitos de ambiente linear (A linear), interação genótipos x ambiente linear (GxA linear) e desvios combinados (Desvio comb) estão apresentados na tabela 4.

Observa-se que houve efeito significativo para ambiente linear ($P < 0,01$), indicando a presença de variações significativas no ambiente para proporcionar alterações nas médias dos genótipos (Cruz et al., 2004). A interação genótipo x ambiente linear também se mostrou significativa ($P < 0,01$), o que indica a existência de diferenças entre os coeficientes de regressão do grupo de genótipos avaliados (Cruz et al., 2004). Os desvios combinados se mostraram significativos ($P < 0,01$), sugerindo que os componentes lineares e não lineares de estabilidade estão envolvidos no comportamento fenotípico nos ambientes estudados (Gualberto et al., 2009).

Utilizando-se as estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_1$) e dos desvios de regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), bem como os coeficientes de determinação (R^2) dos genótipos (tabela 4), pode-se afirmar que houve comportamento diferenciado entre os genótipos frente às mudanças ambientais, para a característica dias para antese.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância conjunta com a decomposição da soma de quadrados/ambientes e estimativa da antese (dias) (β_{0i}), dos coeficientes de regressão (β_{1i}), desvios da regressão (σ^2_{di}) e de determinação (R^2) de seis genótipos de alface avaliadas em nove ambientes, segundo a metodologia de Eberhart e Russell (1966). Brasília, DF, 2016.

FV	GL	QM	Estimativas ¹			R^2
			$\hat{\beta}_{0i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\sigma}^2_{di}$	
Ambientes (A)	7	2982,24				
Genótipos (G)	5	8865,48				
GxA	35	135,24				
A/G	42	609,74				
A linear	1	2806,42**				
GxA linear	5	53,46**				
Desvio comb	36	10,25**				
Desv BRS Leila	6	136,41	131	1,45**	32,24**	89,94
Desv BRS Mediterrânea	6	39,97	124	0,89*	8,13**	91,94
Desv Elisa	6	69,47	130	1,41**	15,51**	94,31
Desv Everglades	6	42,25	95	0,74**	8,70**	88,23
Desv Simpson	6	51,46	94	0,72**	11,01**	85,39
Desv Vanda	6	117,99	119	0,80**	27,64**	75,63
Resíduo	120					

^{ns}, ** e *: não significativo ($P > 0,05$), significativo a 1% e 5% pelo teste F, respectivamente;

¹ $H_0: \hat{\beta}_{1i} = 1$ pelo teste t e $H_0: \hat{\sigma}^2_{di} = 0$ pelo teste F.

Quanto à melhoria das condições ambientais, os genótipos BRS Leila e Elisa apresentaram coeficientes de regressão significativamente maiores que a unidade ($\beta_1 > 1$), bem como média de dias para antese superior à média geral (115 dias), sendo, assim, de adaptação específica a ambientes favoráveis.

Conforme Cruz & Regazzi. (2001), coeficiente de determinação (R^2) acima de 80% é uma medida auxiliar na avaliação da estabilidade dos genótipos, quando os desvios de regressão são estatisticamente diferentes de zero. Embora BRS Leila e Elisa apresentem baixa previsibilidade de comportamento, devido ao desvio de regressão

significativo, os coeficientes de determinação atingiram níveis de 89,94% e 94,31%, respectivamente, apresentando previsibilidade tolerável.

Nesse estudo não foram encontrados genótipos de ampla adaptabilidade ($\beta_1 = 1$), tampouco o genótipo de comportamento ideal proposto por Eberhart & Russel (1966), visto que todos os desvios de regressão se mostraram significativos e não houve coeficientes de regressão iguais à unidade ($\beta_1 = 1$) (tabela 4).

Os genótipos de alface que apresentaram coeficiente de regressão significativamente menor que a unidade ($\beta_1 < 1$), segundo o método de Eberhart & Russell (1966), foram BRS Mediterrânea, Everglades, Simpson e Vanda. Destacaram-se os genótipos BRS Mediterrânea e Vanda, cujo número de dias para antese foram superiores à média geral encontrada (115 dias) (tabela 4), sendo, portanto, de adaptação específica a ambientes desfavoráveis.

Nesse estudo, desvios de regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$) foram significativos para todos os genótipos, os quais seriam considerados com baixa previsibilidade de comportamento. Contudo, levando em consideração o coeficiente de determinação (R^2), há de ser acrescentado que BRS Mediterrânea pode ser considerado com previsibilidade tolerável pela estimativa do coeficiente de determinação (R^2) de 91,94%, em contraste com Vanda, que obteve coeficiente de determinação abaixo de 80% (75,63%).

A tabela 5 apresenta os Índices Ambientais (I_j) para os diferentes ambientes, resultantes da combinação de épocas e locais, de ensaios com genótipos de alface. Os métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade, que se baseiam em análise de regressão, usam tais índices como variáveis independentes (Cruz et al., 2004).

A partir dos dados obtidos, verifica-se que foram positivos os ambientes 4, 5, 6, 7 e 8, ou seja, época 2 no campo aberto, casa de vidro e telado, assim como na época 3 no campo aberto e casa de vidro (tabela 5).

Conclui-se que esses ambientes positivos são considerados favoráveis ao cultivo de alface, enquanto os negativos são desfavoráveis. Mostraram-se negativos, conseqüentemente desfavoráveis, os ambientes 1, 2 e 9, ou seja, época 1 campo aberto, casa de vidro e época 3 telado. O ambiente 3, sendo época 1 no telado, foi descartado devido ao elevado coeficiente de variação ($CV > 5\%$), indicando baixa precisão.

Tabela 5 – Índices ambientais (I_j) obtidos por cada ambiente avaliado nos ensaios de genótipos de alface lisa e crespa. Brasília, DF, 2016.

Ambientes	Épocas	Locais	Índice Ambiental ¹
1	1	Campo Aberto	-10,71
2	1	Casa de Vidro	-19,09
3	1	Telado	Descartado
4	2	Campo Aberto	16,12
5	2	Casa de Vidro	5,58
6	2	Telado	5,58
7	3	Campo Aberto	3,12
8	3	Casa de Vidro	5,12
9	3	Telado	-5,71

¹ Sinais positivos e negativos indicam respectivamente, ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Ademais, nota-se que a maioria dos ambientes apresentaram a mesma qualidade e índices ambientais de mesmo sinal, ou seja, positivos. Sendo assim, as épocas 2 e 3 foram as mais interessantes para avaliação dos genótipos, ou seja, outono e inverno. Isto posto, evidencia-se a eficiência dos índices ambientais na medição da qualidade ambiental.

4.3.2 Método de Cruz et al. (1989)

As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas pelo método proposto por Cruz et al. (1989) para os genótipos de alface encontram-se na tabela 6. Conforme os dados obtidos, nenhum genótipo de alface avaliado apresentou comportamento ideal, conforme o conceito de Cruz et al. (1989), ou seja, estimativas significativas dos parâmetros $\beta_1 < 1$ e $\beta_1 + \beta_2 > 1$, além de desvio de regressão ($\hat{\sigma}^2_{di}$) igual a zero e média acima da média geral.

A partir das estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas pelo método proposto por Cruz et al. (1989) (tabela 6), os genótipos BRS Leila e Elisa apresentaram ($\beta_1 > 1$), ($\beta_1 + \beta_2 > 1$), média de dias para antese acima da média geral (115

dias), sendo, portanto de adaptação específica às condições favoráveis. Apesar de apresentarem desvio de regressão significativo, o coeficiente de determinação R^2 obtido foi acima de 80%, assim, os genótipos apresentarem previsibilidade tolerável.

Tabela 6 – Estimativas das médias de dias para antese (dias) (β_0), dos coeficientes (β_1 e $\beta_1 + \beta_2$), desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$) e de determinação (R^2) de seis genótipos de alface avaliadas em nove ambientes, segundo a metodologia de Cruz et al. (1989). Brasília, DF, 2016.

Genótipo	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	$R^2(\%)$
BRS Leila	131	1,32**	2,38**	79,91**	95,09
BRS Mediterrânea	124	0,92 ^{ns}	0,62**	41,23**	93,07
Elisa	130	1,32**	2,06**	43,22**	97,05
Everglades	95	0,83**	0,10**	11,69 ^{ns}	97,29
Simpson Black Seed	94	0,69**	0,93 ^{ns}	57,61**	86,37
Vanda	119	0,92 ^{ns}	-0,09**	66,19**	88,61

** e ^{ns}, significativo a 1% e não significativo pelo teste t, respectivamente. ¹ $H_0: \hat{\beta}_{1i} = 1$ pelo teste t e $H_0: \hat{\sigma}_{di}^2 = 0$ pelo teste F.

No método Cruz et al. (1989), os genótipos BRS Leila e Elisa apresentaram coeficiente ($\beta_1 + \beta_2$) iguais a 2,38 e 2,06, respectivamente, sendo estatisticamente superior à unidade e, ainda, de magnitude superior ao coeficiente de regressão estimado por Eberhart & Russell (1966) (tabela 4), iguais a 1,45 e 1,41, respectivamente.

Houve, ainda, pequena melhoria nos coeficientes de determinação (R^2) dos genótipos avaliados quando estudos pelo método de regressão bi-segmentada. Tais melhorias foram observadas no aumento de R^2 nos genótipos Vanda, para valor acima de 80%, e BRS Leila, para acima de 95%.

Esse resultado evidencia ser o método de Cruz et al. (1989) mais refinado na recomendação de genótipos, para condições específicas de ambientes, favoráveis, desfavoráveis ou ambas, comparado ao método de Eberhart & Russell (1966). Resultados semelhantes foram relatados por Nascimento (2016) e Oliveira (2004).

4.3.3 Método do trapézio quadrático segundo Carneiro (1998)

Na tabela 7 está apresentada a estimativa do parâmetro MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento), pelo método de Carneiro (1998), segundo a metodologia do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação (CV) dos genótipos de alface.

Tabela 7 – Antese (dias) e estimativas de estabilidade (P_i), pela metodologia do trapézio quadrático ponderado pelo CV, segundo metodologia de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), para os seis genótipos de alface, avaliados em nove ambientes, a partir da decomposição em ambientes favoráveis (P_{if}), desfavoráveis (P_{id}) e suas classificações (Class.). Brasília, DF, 2016.

Genótipos	Ambientes						
	Média	Geral		Favorável		Desfavorável	
		P_{ig}	Class	P_{if}	Class	P_{id}	Class
BRS Leila	131	6114,86	1	1570,50	1	4544,37	1
BRS	124						
Mediterrânea		8713,57	3	3017,62	3	5695,95	3
Elisa	130	6370,69	2	1668,07	2	4702,61	2
Everglades	95	23389,95	5	8703,59	6	14686,36	5
Simpson	94	23695,81	6	8606,17	5	15089,65	6
Vanda	119	10770,56	4	4073,56	4	6696,99	4
Média	115						

Segundo essa metodologia, o genótipo com melhor performance fenotípica, ou seja, mais adaptado e com maior estabilidade de comportamento, seria aquele que mais se aproxima do ideal em cada local, o qual apresenta menor estimativa para o parâmetro MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento), ou parâmetro P_i (Cruz et al., 2014). Assim, verifica-se que para condições desfavoráveis, favoráveis e recomendação geral, os quatro genótipos que mais se aproximam do ideótipo para todas as condições foram BRS Leila, Elisa, BRS Mediterrânea e Vanda (tabela 7), visto que apresentaram menores estimativas do parâmetro P_i .

Observa-se que os quatro genótipos apresentaram valores de P_i de magnitude semelhante tanto para ambiente geral quanto para favorável ou desfavorável (tabela 7), enquanto os genótipos Everglades e Simpson Black Seed, para todos os ambientes, apresentaram comportamento diferente apenas em ambientes favoráveis.

A semelhança de comportamento pode ser explicada em razão de no método do ideótipo para ambiente geral ser definido segundo o conceito de Verma et al. (1978), no qual o coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_1$) é igual a 0,5 para condições desfavoráveis e o coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$) igual a 1,5 para as condições favoráveis. Logo, genótipos de adaptabilidade geral exibem valor de P_i de pequena magnitude nas três condições (favorável, desfavorável e ambas, dada pelo ambiente geral). Enquanto os genótipos de adaptabilidade específica, tanto para condições favoráveis quanto desfavoráveis, apresentam valores de P_i de pequena magnitude apenas nessas determinadas condições.

Conforme a média no ambiente geral, bem como as médias nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, os genótipos BRS Leila, Elisa, BRS Mediterrânea e Vanda, nesta ordem, obtiveram adaptabilidade geral.

A utilização do modelo proposto por Carneiro (1998) a partir do parâmetro MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento) apresenta algumas vantagens em relação aos parâmetros dos outros métodos de análise da performance genotípica, tais como grande facilidade na interpretação, que inclui tanto a adaptabilidade, conforme definida por Verma et al. (1978), quanto a estabilidade de comportamento, além de permitir a recomendação imediata dos genótipos a grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis e conferir uma aplicação mais ampla (Cruz et al., 2014). Diante disto, o método apresenta grande eficiência na recomendação de genótipos.

5. CONCLUSÃO

O ambiente interfere no comportamento dos genótipos, contudo, no geral, os genótipos Everglades e Simpson Black Seed se apresentaram mais precoces em todos os ambientes avaliados, enquanto BRS Leila teve florescimento mais tardio.

Pelo método de Eberhart & Russel (1966), nesse estudo, não foram encontrados genótipos de ampla adaptabilidade. Os genótipos BRS Mediterrânea e Vanda mostraram adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, enquanto BRS Leila e Elisa apresentaram adaptabilidade específica a ambientes favoráveis.

No método de Cruz et al (1989), não foram encontrados genótipos ideais, tampouco de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. Os genótipos BRS Leila e Elisa apresentaram adaptabilidade específica a ambientes favoráveis.

De acordo com o método do Trapézio Quadrático segundo Carneiro (1998) os genótipos BRS Leila, Elisa, Mediterrânea e Vanda apresentaram adaptabilidade geral. O método se mostrou eficiente na recomendação de genótipos de alface.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R.G. **Comportamento de famílias F2:3 de alface (*Lactuca sativa* L.), originadas de cruzamentos entre cultivares contrastantes quanto a características vegetativas e pendoamento precoce.** 2001. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2001.
- AZEVEDO, S.M.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A.; OLIVEIRA, A.C.B.; FREITAS, J.A.; ANDRADE-JÚNIOR, V.C.; JESUS, N.; BRAGA, L.R.; LICURSI, V. Herança da resistência ao nematóide de galha em alface. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, n. 40., 2000, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SOB, 2000. p.629-630.
- BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; ROCHA, R. H. C.; QUEIROGA, C. F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento, temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 189-192, 2005.
- BLIND, A.D.; SILVA FILHO, D.F. Desempenho produtivo de cultivares de alface americana na estação seca da amazônia central. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 404-414, mar/abr. 2015.
- CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento.** 1998. 168p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- CARVALHO, A.D.F.; SILVA, G.O.; PEREIRA, R.B.; PINHEIRO, J.B. Análise de fatores e regressão bissegmentada no estudo da adaptabilidade e estabilidade de cenoura. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n.6, p. 932-940, nov/dez, 2014.
- CARVALHO FILHO, J.L.S.; GOMES, L.A.A.; MALUF, W.R. Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F4 de alface do cruzamento Regina 71 x Salinas 88. **Acta Scientiarum Agronomy**, n. 31, p. 37-42, 2009.
- CASTRO, B.M.C.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.A.; DORNAS, M.F.S.; OLIVEIRA, C.M.; AZEVEDO, A.M.; PEDROSA, C.E.; VALADARES, N.R.; RODRIGUES, G.A. Dias para florescimento de genótipos de alface sob cultivo protegido no Alto do Jequitinhonha–MG. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 237-242, 2011.
- COCK, W.R.; AMARAL JUNIOR, A.T. do; BRESSAN-SMITH, R.E.; MONNERAT, P.H. Biometrical analysis of phosphorus use efficiency in lettuce cultivars adapted to high temperatures. **Euphytica**, v.126, p.299-308, 2002. DOI: 10.1023/A:1019949528214.
- COIMBRA, J. L. M. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de feijão de cor (*Phaseolus vulgaris* L.) em três ambientes distintos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 441-448, 1999.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético** (volume 1 - 3a. ed.), Editora UFV, Viçosa, MG. 2004. 480p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético** (volume 2 - 3a. ed.), Editora UFV, Viçosa, MG. 2014. 668p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed.rev. Viçosa, Editora UFV, 390p., 2001.

CRUZ, C.D.; TORRES, R.A. de; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.567-580, 1989.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.

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, jan-mar 2004.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2.ed. rev. Viçosa: UFV, 2008. 402p.

FIORINI, C.V.A.; GOMES, L.A.A.; MALUF, W.R.; FIORINI, I.V.A.; DUARTE, R. de P.F.; LICURSI, V. Avaliação de populações F2 de alface quanto à resistência aos nematóides-das-galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.299-302, 2005.

GRANGEIRO, L.C.; COSTA, K.R.; MEDEIROS, M.A.; SALVIANO, A.M.; NEGREIROS, M.Z.; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S.L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semiárido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 190-194, 2006.

GUALBERTO R.; OLIVEIRA, P.S.R.; GUIMARÃES, A.M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p.07-11, 2009.

HOTTA, L.F.K. **Interação de progênies de alface do grupo americano por épocas de cultivo**. 87p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2008.

MOTA, J.H.; YURI, J.E.; FREITAS, S.A.C. de; RODRIGUES JUNIOR, J.C.; RESENDE, G.M. de; SOUZA, R.J. de. Avaliação de cultivares de alface americana durante o verão em Santana da Vargem, MG. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.234-237, 2003.

NAGAI, H. Obtenção de novas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) resistente ao mosaico e ao calor. **Revista de Olericultura**, Campinas. v.15, p.14-21, 1980.

NASCIMENTO, G. R. **Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alface (*Lactuca sativa* L.) em diferentes épocas e condições de cultivo**.

2016. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2016.

OLIVEIRA, G.V. **Estratificação ambiental, adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão**. 2004. 118p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2004.

OLIVEIRA, A.C.B. de; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; GARCIA, N.C.P.; GARCIA, S.L.R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.26, p.211-217, 2004.

PIMENTEL GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 11.ed. São Paulo: Nobel, 466p. 1985.

QUEIROZ, J.P. da S.; COSTA, A.J.M. da; NEVES, L.G.; SEABRA JUNIOR, S.; BARELLI, M.A.A. Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 276-283, abr-jun, 2014.

REZENDE, M. T. **Tolerância ao florescimento precoce e à termoinibição em genótipos de alface**. 2013. 52p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2013.

RYDER, J.E. **Lettuce breeding**. In: BREEDING VEGETABLES CROPS. Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company, INC., p. 433- 474. 1986.

SANTI, A; CARVALHO, M.A.C.; CAMPOS, O.R.; SILVA, A.F.; ALMEIDA, J.L.; MONTEIRO S. Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. **Horticultura Brasileira**. v.28, p. 87 – 90, 2010.

SILVA, E.C. **Estudos genéticos relacionados à adaptação da alface (*Lactuca sativa* L.) sob altas temperaturas em cultivo protegido na região norte fluminense**. 1997. 69 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Campos dos Goytacazes, 1997.

SILVA, E.C.; BARBOSA, R.M.; LIMA, M.C.B. Avaliação de famílias F3 de alface e seleção de linhagens para cultivo protegido no solo e em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.278. julho, 2002.

SILVA, E.C.; LEAL, N.R.; MALUF, W.R. Avaliação de cultivares de alface sob altas temperaturas em cultivo protegido em três épocas de plantio na região norte-fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.491-499, 1999.

SILVEIRA, M.A.; ANDRÉ, C.M.G.; NOGUEIRA, S.R.; SANTANA, W.R. Seleção de progênies de alface contra o pendoamento precoce e resistência aos nematóides de galhas *Meloidogyne* spp. em condições de campo. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, julho, 2002.

SOUZA, M. da C.M. de; RESENDE, L.V.; MENEZES, D.; LOGES, V.; SOUTE, T.A.; SANTOS, V.F. dos. Variabilidade genética para características agronômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.354-358, 2008. DOI: 10.1590/S0102-05362008000300012.

SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal crespa. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, (Comunicado técnico). 2013.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis; a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v.53, p.89-91, 1978.

VIANA, E.P.T.; DANTAS, R.T.; SILVA, R.T.S.; COSTA, J.H.S.; SOARES, L.A. dos A. Cultivo de alface sob diferentes condições ambientais. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, n.2, 2013.

VIGGIANO, J. Produção de sementes de alface. In: CASTELLANE PD (ed). **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990. p. 1-15.

VILLELA, R.P.; SOUZA, R.J.; GUIMARÃES, R.M.; NASCIMENTO, W.M.; GOMES, L.A.A.; CARVALHO, B.O.; BUENO, A.C.R. Produção e desempenho de sementes de cultivares de alface em duas épocas de plantio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 158-169, 2010.

WHITAKER, T.W.; RYDER, E.J. **Lettuce production in the United States**. Washington: USDA. 1974, 218 p

ANEXOS

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para teor de água (TA), peso por parcela de sementes (PPS), peso de mil sementes (PMS) de sementes de alface produzidos em duas épocas e em três locais distintos. Embrapa Hortaliças, Gama, Brasília, DF, 2016.

FV	GL	QM		
		U	PPS	PMS
Época	1	4,36**	4,91**	0,17**
Local	1	0,18 ^{ns}	222,94**	0,46**
Genótipo	4	1,19**	33,94**	0,18**
Época x Local	1	2,74**	2,5**	0,00 ^{ns}
Época x Genótipo	4	4,20**	25,98**	0,029**
Local x Genótipo	4	0,6**	10,42**	0,009**
Época x Local x Genótipo	4	0,49**	7,29**	0,01**
Resíduo		0,09	0,33	0,01
CV (%)		6,82	17,75	0,99

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo pelo teste F.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância para primeira contagem a 20°C (PC20), porcentagem de germinação a 20°C (G20), índice de velocidade de germinação a 20°C (IVG20) de sementes de alface produzidos em duas épocas e em três locais distintos. Embrapa Hortaliças, Gama, Brasília, DF, 2016.

FV	GL	QM		
		PC20	G20	IVG20
Época	1	3976,2**	3432,2**	253,01**
Local	1	6055,2**	5184,2**	377,71**
Genótipo	4	1391,05**	1544,57**	81,51**
Época x Local	1	3753,8**	3484,8**	205,79**
Época x Genótipo	4	1579,45**	1658,82**	97,23**
Local x Genótipo	4	1435,95**	1568,82**	92,29**
Época x Local x Genótipo	4	1576,05**	1637,67**	105,89**
Resíduo		8,6	8,27	0,51
CV (%)		3,23	3,13	3,19

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo pelo teste F.

TABELA 3A. Resumo da análise de variância para primeira contagem a 35°C (PC35), porcentagem de germinação a 35°C (G35), índice de velocidade de germinação a 35°C (IVG35) e comprimento de raiz (CR) de sementes de alface produzidos em duas épocas e em três locais distintos. Embrapa Hortaliças, Gama, Brasília, DF, 2016.

FV	GL	PC35	PG35	IVG35	CR
Época	1	2714,45**	5544,45**	181,38**	0,12 ^{ns}
Local	1	361,25**	1296,05**	30,01**	4,05**
Genótipo	4	542,33**	1500,62**	41,66**	6,02**
Época x Local	1	396,05**	1901,25**	35,05**	0,23 ^{ns}
Época x Genótipo	4	402,85**	916,32**	32,26**	0,90**
Local x Genótipo	4	28,65**	80,42**	1,86**	1,74**
Época x Local x Genótipo	4	25,08**	192,12**	2,53**	0,91**
Resíduo		1,94	2,48	0,08	0,07
CV (%)		20,72	15,19	17,2	11,66

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo pelo teste F.

TABELA 4A. Resumo da análise de variância para emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE) e condutividade elétrica (CE) de sementes de alface produzidos em duas épocas e em três locais distintos. Embrapa Hortaliças, Gama, Brasília, DF, 2016.

FV	GL	QM		
		E	IVE	CE
Época	1	38456,45**	796,44**	60539,60**
Local	1	7106,45**	81,24**	271906,53**
Genótipo	4	2516,70**	40,08**	35133,54**
Época x Local	1	4118,45**	35,05**	69581,06**
Época x Genótipo	4	2087,45**	34,95**	59373,40**
Local x Genótipo	4	937,45**	12,83**	38605,80**
Época x Local x Genótipo	4	1422,70**	17,30**	34453,53**
Resíduo		12,08	0,27	271,05
CV (%)		4,77	6,12	7,1

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo pelo teste F.

TABELA 5A. Resumo da análise de variância para envelhecimento acelerado 48 horas (EA48) e envelhecimento acelerado 72 horas (EA72) de sementes de alface produzidos em duas épocas e em três locais distintos. Embrapa Hortaliças, Gama, Brasília, DF, 2016.

FV	GL	EA48	EA72
Época	1	1566,45**	28728,20**
Local	1	1940,45**	6336,80**
Genótipo	4	251,80**	2826,55**
Época x Local	1	328,05**	2553,80**
Época x Genótipo	4	224,95**	3327,20**
Local x Genótipo	4	293,20**	442,55**
Época x Local x Genótipo	4	342,55**	876,3**
Resíduo		8,21	20,23
CV (%)		3,1	5,81

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo pelo teste F.