

TACIANA LEITE DE ANDRADE LIMA

**Seleção de progênies de alface para resistência a doenças e  
caracteres morfoagronômicos**

Recife – PE

2017

TACIANA LEITE DE ANDRADE LIMA

**Seleção de progênies de alface para resistência a doenças e caracteres morfoagronômicos**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Agronomia, Área de Concentração em Melhoramento Genético de Plantas.**

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO**

**Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho – Orientador**

**Dr. Eduardo Henrique de A. Maranhão – Co-orientador**

**Profa. Dra. Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho – Co-orientadora**

Recife – PE

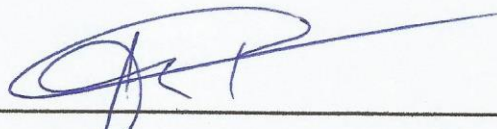
2017

**Seleção de progênies de alface para resistência a doenças e caracteres morfoagronômicos**

**Taciana Leite de Andrade Lima**

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 03/03/2017.

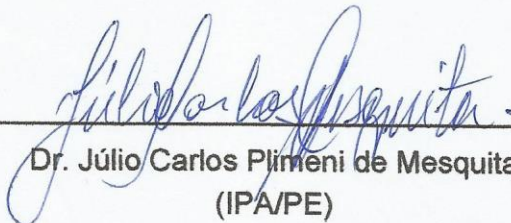
**ORIENTADOR:**



---

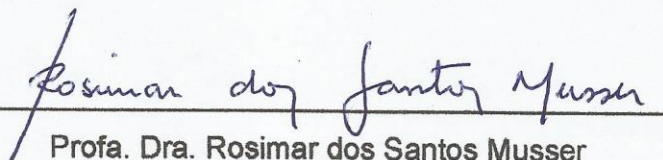
Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho  
(UFRPE/DEPA)

**EXAMINADORES:**



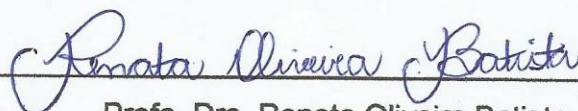
---

Dr. Júlio Carlos Plimmi de Mesquita  
(IPA/PE)



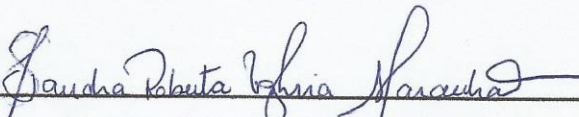
---

Profa. Dra. Rosimar dos Santos Musser  
(UFRPE/DEPA)



---

Profa. Dra. Renata Oliveira Batista  
(UFRPE/DEPA)



---

Dra. Sandra Roberta Vaz Lira Maranhão  
(UFRPE/DEPA/Bolsista de Pós-graduação)

Recife – PE

2017

*Às famílias, em especial à minha, por serem o suporte, o incentivo e o acolhimento necessários nas etapas da vida, sempre com muita dedicação, compreensão e amor.*

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo que tem me concedido e pela presença em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas, em especial aos professores pelos ensinamentos e incentivos durante esta jornada.

Aos Laboratórios de Fitobacteriologia e Fitonematologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelas doações de patógenos utilizados nos experimentos.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – a FACEPE pela concessão da bolsa de doutorado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo aporte financeiro ao projeto de pesquisa.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA pela infraestrutura concedida para realização do experimento.

Ao Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho, por aceitar este desafio com amizade, incentivo e confiança, compartilhando ensinamentos valiosos.

À Bernadete, Fabian e Fernando, pela amizade e excelente convivência.

Aos amigos Juliana, Wagner, Vivian, Simone, Paula, Sandra e Kátia pelo apoio e incentivo na realização e conclusão desta jornada.

À Marcos e Carmen (pai e mãe), Luciana e Eduardo (irmãos), Ana Júlia, Gustavo e Felipe (sobrinhos), José Humberto (cunhado) e Mário e Marta (sogra e sogra) por tudo o que cada um representa em minha vida pessoal e profissional.

À Moacir pelo carinho, amizade, dedicação e amor em todos os momentos e à Renato por ser um pedacinho do céu em meus braços.

A todos que direta e indiretamente me ajudaram a realizar este estudo.

*Muito obrigada!*

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS DO CAPÍTULO 1

Tabela 1. Herança das características de importância na cultura da alface	18
Figura 1. Cultivo de alface em Vitória de Santo Antão – PE.	17
Figura 2. Fase reprodutiva da alface: A – início do pendoamento, B – floração.	17
Figura 3. Sintomas da podridão mole em alface: A – folha; B – caule.	21
Figura 4. Sintoma de meloidoginose em alface.	22

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS DO CAPÍTULO 2

Tabela 1. Caracterização das cultivares e linhagem utilizadas como parentais e testemunhas	34
Tabela 2. Valores médios de nota de reação à podridão mole em progênies F <sub>2:3</sub> de alface. Recife, UFRPE, 2015	44
Tabela 3. Valores médios, em dias, da semeadura até a primeira antese das progênies F <sub>2:3</sub> de alface avaliadas para tolerância ao pendoamento precoce. Recife, UFRPE, 2015	45
Tabela 4. Valores médios de nota de reação à podridão mole em progênies F <sub>2:4</sub> de alface. Recife, UFRPE, 2016	46
Tabela 5. Valores médios das características morfoagronômicas avaliadas em progênies F <sub>2:4</sub> de alface. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016	49
Tabela 6. Coeficientes de correlação fenotípica ( $r_f$ ), genotípica ( $r_g$ ) e ambiental ( $r_a$ ) entre as características morfoagronômicas avaliadas nas progênies F <sub>2:4</sub> de alface. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016	52
Tabela 7. Estimativa dos ganhos de seleção quanto às características avaliadas em 50 progênies e quatro testemunhas de alface, tendo-se utilizado o índice de seleção genótipo-ideótipo. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016	52
Figura 1. Esquema das etapas do programa de melhoramento da alface visando a resistência à podridão mole, tolerância ao pendoamento precoce e características morfoagronômicas desejáveis à comercialização.	33
Figura 2. Metodologia desenvolvida para avaliação conjunta de podridão mole e meloidoginose em plantas de alface, cultivadas em bandejas EPS de 128 células e em casa de vegetação.	34

Figura 3. Etapas do cruzamento artificial em alface realizado na Zona da Mata de Pernambuco.	36
Figura 4. Escala ordinal descritiva da característica borda da folha (BF) em alface. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016.	42
Figura 5. Escala ordinal descritiva da característica embolhamento na folha (EF) em alface. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016.	42
Figura 6. Distribuição das progênies $F_2$ de alface avaliadas para <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> e <i>Meloidogyne incognita</i> raça 1. Recife, UFRPE, 2014.	43

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>CAPÍTULO 1</b>	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Aspectos gerais da cultura da alface	16
2.2 Melhoramento genético da alface	18
2.2.1 Características morfoagronômicas	19
2.2.2 Resistência a podridão mole	20
2.2.3 Resistência a meloidoginose	21
3 REFERÊNCIAS	24
<b>CAPÍTULO 2 – Seleção de progênies de alface para resistência a doenças e caracteres morfoagronômicos</b>	28
RESUMO	29
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	32
1. Genótipos	34
2. Hibridação e obtenção das sementes $F_2$	35
3. Experimento 1 – progênies $F_2$ : seleção para resistência a podridão mole e pré-seleção contra meloidoginose	36
4. Experimento 2 – progênies $F_{2:3}$ : seleção para resistência a podridão mole	38
5. Experimento 3 – progênies $F_{2:3}$ : seleção para tolerância ao pendoamento precoce e obtenção de progênies $F_{2:4}$	39
6. Experimento 4 – progênies $F_{2:4}$ : seleção para resistência a podridão mole	40
7. Experimento 5 – progênies $F_{2:4}$ : seleção para características morfoagronômicas	40
8. Análise estatística	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CONCLUSÕES	53
AGRADECIMENTOS	53
REFERÊNCIAS	53



## RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais importante economicamente para o Brasil, sendo uma das mais consumidas em saladas e com grande aceitação popular. Devido ao seu ciclo curto, as áreas plantadas com alface são normalmente submetidas a cultivos sucessivos, favorecendo a ocorrência de patógenos de solo como *Meloidogyne* spp. e *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, que promovem grandes perdas no campo. O melhoramento genético da alface para múltiplas características viabiliza economicamente o cultivo desta hortaliça nas condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, ao disponibilizar cultivares com resistência a doenças e adaptadas ao cultivo em regiões tropicais. Neste sentido, o objetivo com este trabalho foi obter progênies de alface de folha lisa resistentes à podridão mole, com tolerância ao pendoamento precoce e com características morfoagronômicas desejáveis à comercialização. O programa de melhoramento da alface iniciou com a hibridação entre a cultivar Vitória de Santo Antão, resistente à podridão mole, e a linhagem Beta, resistente à meloidoginose, e o avanço das gerações para obtenção das progênies F<sub>2</sub>. Em seguida foram implantados cinco experimentos utilizando os parentais e as cultivares Grand Rapids, Regina 71 e Tainá como testemunhas: Experimento 1 – em casa de vegetação, 608 plantas F<sub>2</sub> foram inoculadas com o isolado Pcc-23 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e com *M. incognita* raça 1, e selecionadas contra podridão mole, através da avaliação dos sintomas da doença com escala de notas variando de 1 a 9, e pré-selecionadas contra meloidoginose através da avaliação das galhas nas raízes visíveis no torrão, com escala de notas variando de 1 a 5. As plantas com notas até três nas duas avaliações foram selecionadas e conduzidas para obtenção das progênies F<sub>2:3</sub>; Experimento 2 – em casa de vegetação, dez progênies F<sub>2:3</sub> foram cultivadas em bandejas de poliestireno expandido – EPS sob delineamento em blocos casualizados com três repetições e oito plantas por parcela. As plantas foram inoculadas com o isolado Pcc-23 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e avaliadas quanto a resistência à podridão mole; Experimento 3 – em campo na UFRPE, seis progênies F<sub>2:3</sub> foram dispostas sob delineamento em blocos casualizados com três repetições e oito plantas por parcela. As progênies foram selecionadas quanto a tolerância ao pendoamento precoce, através da avaliação do número de dias da semeadura até a primeira antese da planta, e conduzidas para obtenção de progênies F<sub>2:4</sub>; Experimento 4 – em casa de vegetação, 50 progênies F<sub>2:4</sub> foram cultivadas em bandejas de EPS sob delineamento em blocos casualizados com

quatro repetições e 16 plantas por parcela, inoculadas com o isolado Pcc-23 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e avaliadas quanto a resistência à podridão mole; Experimento 5 – em campo no IPA-Vitória de Santo Antão, 50 progênies F<sub>2:4</sub> foram dispostas sob delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e 16 plantas por parcela e avaliadas as seguintes características morfoagronômicas: diâmetro, altura e massa fresca da planta, número de folhas, comprimento e largura da folha, tipo de borda, embolhamento, cor e brilho da folha, e realizada a análise colorimétrica na folha. No experimento 1 foram selecionadas 333 progênies com notas até 3, para ambas as doenças, das quais 92,5% senesceram e 16 progênies produziram sementes F<sub>2:3</sub>. Entre as progênies F<sub>2:3</sub> avaliadas no experimento 2, as progênies 023; 075; 172; 202; 568 e 610 foram moderadamente resistentes à podridão mole e, no experimento 3, a progênie 202 apresentou desempenho transgressivo e foi tolerante ao pendoamento precoce. Dentre as 50 progênies F<sub>2:4</sub> avaliadas, no experimento 4, 27 progênies foram moderadamente resistentes à podridão mole e a progênie 023-27 obteve a menor média (2,12). E, no experimento 5, a progênie 202-11 apresentou características morfoagronômicas de interesse para o programa de melhoramento de alface, obtendo as maiores médias para a maioria das características. Também foi possível identificar correlação genotípica negativa da largura da folha com o número de folhas (-0,90) a 1% de probabilidade e com a massa fresca da planta (-0,59) a 5% de probabilidade. Essas duas características, de grande importância por serem diretamente relacionadas com a produção de alface, obtiveram bons ganhos genéticos com valores de 12,09% para número de folhas e 13,44% para massa fresca da planta. Através da análise das características morfoagronômicas mais importantes comercialmente, as progênies F<sub>2:4</sub> 172-12; 202-11; 172-08; 202-42; 023-02; 202-37 e 202-30 foram indicadas para seleção.

Palavras chaves: *Lactuca sativa* L., melhoramento vegetal, *M. incognita* raça 1, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, cruzamento artificial, análise colorimétrica.

## ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is the most important leafy vegetable economically for Brazil, being one of the most consumed in salads and with great popular acceptance. Due to its short cycle, areas planted with lettuce are usually submitted to successive crops, favoring the occurrence of soil pathogens such as *Meloidogyne* spp. and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, which promote large losses in the field. The lettuce breeding for multiple characteristics economically makes possible the crops of this vegetable in the edaphoclimatic conditions of the Brazilian Northeast, by providing cultivars with resistance to diseases and adapted to the crops in tropical regions. In this sense, the objective of this work was to obtain butterleaf lettuce progenies resistant to soft rot, with tolerance to early bolting and with commercially desirable morphoagronomic characteristics. The lettuce breeding program started with the hybridization between the Vitória de Santo Antão cultivar, resistant to soft rot, and the Beta lineage, resistant to root-knot disease, and the advancement of generations to obtain F<sub>2</sub> progenies. Five experiments were then carried out with parental and cultivares Grand Rapids, Regina 71 and Tainá used as control: Experiment 1 - in greenhouse, 608 F<sub>2</sub> plants were inoculated with Pcc-23 isolate of *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* and with *M. incognita* race 1. Selected for resistance to soft rot by evaluating the symptoms of the disease with scale from 1 to 9 and preselected for resistance to root-knot disease by evaluating the galls in the lettuce roots visible still with substrate with scale from 1 to 5. The plants with scores up to three in the two evaluations were selected and obtained the F<sub>2:3</sub> progenies; Experiment 2 - in greenhouse, ten F<sub>2:3</sub> progenies were grown in trays of expanded polystyrene - EPS under blocks at random with three replicates and eight plants per plot. The plants were inoculated with Pcc-23 isolate of *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* and evaluated for resistance to soft rot; Experiment 3 - in field at UFRPE, six F<sub>2:3</sub> progenies were arranged under blocks at random with three replicates and eight plants per plot. The progenies were selected for tolerance to early bolting, by number of days from sowing until the first anthesis of the plant, and were obtained F<sub>2:4</sub> progenies; Experiment 4 - In greenhouse, 50 F<sub>2:4</sub> progenies were crop in EPS trays under blocks at random with four replicates and sixteen plants per plot, inoculated with Pcc-23 isolate of *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* and evaluated for resistance to soft rot; Experiment 5 - in field at IPA-Vitória de Santo Antão, 50 F<sub>2:4</sub> progenies were arranged under blocks at random with four replicates and sixteen plants per plot and the following morphoagronomic characteristics were

evaluated: plant diameter, planta height, fresh mass of the plant, number of leaves, leaf length, leaf width, border type, leaf leaflet, leaf color and leaf brightness, and colorimetric analysis on the leaf. In the experiment 1, 333 progenies with scores up to 3 were selected for both diseases, of which 92.5% were died and 16 progenies produced  $F_{2:3}$  seeds. Among the  $F_{2:3}$  progenies evaluated in experiment 2, progenies 023; 075; 172; 202; 568 and 610 were moderately resistant to soft rot. In experiment 3, the progeny 202 showed transgressive performance and was tolerant to early bolting. Among the 50  $F_{2:4}$  progenies evaluated in experiment 4, 27 progenies were moderately resistant to soft rot and the progeny 023-27 obtained the lowest mean (2.12). And in experiment 5, the progeny 202-11 presented morphoagronomic characteristics of interest for the lettuce breeding program, obtaining the highest averages for most of the characteristics. It was identified a negative genotypic correlation of leaf width with number of leaf (-0.90) at 1% probability and with fresh mass of the plant (-0.59) at 5% probability. These two characteristics, of great importance for being directly related to lettuce production, obtained good genetic gains with value of 12.09% for number of leaf and 13.44% for fresh mass of the plant. By evaluation the most important commercially morphoagronomic characteristics, progenies  $F_{2:4}$  172-12; 202-11; 172-08; 202-42; 023-02; 202-37 and 202-30 were indicated for selection.

Key words: *Lactuca sativa* L., vegetable breeding, *Meloidogyne incognita* race 1, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, artificial crossing, colorimetric analysis

## **CAPÍTULO 1**

---

---

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de hortaliças vem crescendo e se modernizando em toda a sua cadeia produtiva. Segundo o Ministério de Agricultura e Pecuária – MAPA, as hortaliças têm gerado mais lucro por hectare cultivado em relação as demais culturas, inclusive os grãos, atingindo rentabilidade de 100% a 300% dependendo do nível tecnológico, valor agregado e conjuntura do mercado (Carvalho 2016).

A alface é considerada a hortaliça folhosa mais consumida e de maior importância econômica. Em São Paulo, esta folhosa foi cultivada em mais de 47% da área trabalhada (23,3 mil hectares) com quatro tipos de hortaliças folhosas e flores. Além disso, houve um acréscimo de 369 hectares no cultivo da alface de 2015 em relação a 2014 (Carvalho 2016).

O cultivo da alface exige baixo investimento inicial, com elevada produção por hectare e, quando cultivado em campo, comercializado com 65 a 80 dias após a semeadura (Filgueira 2008), o que promove um retorno financeiro a curto prazo. Isto torna a alface uma cultura estratégica e de grande importância social para a agricultura familiar (Ryder 1986, Carvalho 2016). Por ser um produto de alta perecibilidade e que a preferência de seu consumo é *in natura*, muito utilizado em saladas cruas, o local de cultivo e o transporte são importantes aspectos para manutenção da qualidade das folhas de alface e para o custo final. Assim, normalmente encontramos o cultivo da alface próximo aos grandes centros consumidores (Fiorini 2005, Souza *et al.* 2008).

O aumento no consumo da alface também está associado à busca dos brasileiros por hábitos alimentares mais saudáveis (Carvalho 2016). A alface apresenta importância medicinal e nutricional, fornecendo minerais e vitaminas com baixo teor de calorias. No consumo das folhas de alface crespa cruas e frescas, a composição média por 100g comestíveis é: 96% de água; 1,3g de proteína, 0,2g de lipídeos; 1,7g de carboidrato; 11mg de magnésio; 0,4mg de ferro; 3mg de sódio; 267mg de potássio; 0,3mg de zinco; 38mg de cálcio; 26mg de fósforo; 0,11mg de tiamina (B1); 0,12mg de riboflavina (B2); 1,09mg de niacina e 15,6mg de vitamina C e com 11kcal de valor energético (NEPA-UNICAMP 2011).

Com a diversidade das cultivares de alface no mercado brasileiro, esta cultura é classificada em cinco grupos morfológicos com base na formação da cabeça e tipo de folhas, são eles: americana, lisa, crespa, minosa e romana. Contudo, a maioria

das cultivares disponíveis apresenta pendoamento precoce quando cultivadas em regiões tropicais, o que promove um sabor amargo nas folhas devido à produção de látex neste estágio de desenvolvimento (Silva *et al.* 2008, Souza *et al.* 2008, Carvalho Filho *et al.* 2009a). Assim, para evitar o pendoamento precoce o agricultor antecipa a colheita da alface, acarretando em perda na qualidade do produto por obter plantas pequenas e com poucas folhas.

Outro foco do melhoramento da alface é a resistência a doenças de importância econômica, como a podridão mole e a meloidoginose. A ocorrência da enterobactéria *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* pode ser percebida por algumas folhas murchas ou a planta inteira, e descoloração de rosa a marrom dos tecidos vasculares, levando a senescência da planta (Mariano *et al.* 2005, Silva *et al.* 2007, Félix *et al.* 2014). E o cultivo de alface em áreas infestadas com *Meloidogynose* spp. observa-se plantas com amarelecimento e nanismo, como resultado de deficiência mineral (Lopes *et al.* 2010).

O melhoramento genético da alface para múltiplas características viabiliza economicamente o cultivo desta hortaliça, pois disponibiliza cultivares com resistência a doenças, adaptadas ao cultivo em regiões tropicais e com características da planta atrativas para o consumidor. Neste contexto, o objetivo com este trabalho foi obter progênies de alface de folha lisa resistentes à podridão mole, com tolerância ao pendoamento precoce e com características morfoagronômicas desejáveis à comercialização.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a hortaliça folhosa mais importante economicamente, sendo uma das mais consumidas em saladas e com grande aceitação popular (Filgueira 2008, Sala e Costa 2012). Algumas tendências na alfacultura podem ser destacadas, como: novas tipologias de alface, diferentes formas de comercialização, embalagens e armazenamento, melhoramento genético para tropicalização da alface e crescimento do cultivo protegido e hidropônico (Sala e Costa 2012).

As pesquisas realizadas no Brasil, visando obter e liberar cultivares adaptadas às diversas condições de cultivo e resistentes às doenças, tem desenvolvido cultivares que contribuem para a sustentabilidade da alfacultura.

### 2.1 Aspectos gerais da cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é originária da região do Mediterrâneo, onde foram encontrados registros no Egito, Grécia e Roma. Sua introdução nas Américas se deu por volta de 1500 com as colonizações, chegando ao Brasil em 1650, trazida pelos portugueses. (Vries 1997, Sala 2011). O ancestral direto da alface atualmente consumida é a *L. serriola* (Vries, 1997). Contudo, segundo Zohary (1991) as espécies *L. serriola*, *L. saligna* e *L. virosa* fazem parte do complexo do gênero *Lactuca*.

Pertencente à família Asteraceae, a alface é uma planta anual, herbácea e possui caule diminuto com as folhas distribuídas em forma de roseta (Figura 1). As folhas apresentam-se no formato oval a oblongo com bordas lisas ou crespas e, em algumas variedades podem estar encurvadas formando uma 'cabeça'. A coloração varia de verde claro a escuro, existindo algumas variedades com folhas roxas devido à presença de antocianina. O sistema radicular é superficial formado por finas raízes sendo uma principal e várias secundárias, concentrando-se nos primeiros 25-30cm do solo em cultivos intensivos (Ryder 1986, MAPA 2001, Almeida 2006, Filgueira, 2008).

A diferenciação para a fase reprodutiva da alface é caracterizada pelo aumento no teor de látex na seiva, deixando um sabor amargo nas folhas (Almeida 2006, Silva *et al.* 2008, Carvalho Filho *et al.* 2009a), alongamento do caule que pode chegar a 1,20m de altura, ramificação e redução no tamanho das folhas. A inflorescência do tipo panícula é constituída por numerosos capítulos formados por



10 a 25 flores. As flores são hermafroditas e linguladas, compostas por uma pétala amarela, brácteas, cinco estames de anteras concrecidas e um pistilo. O ovário é unilocular e o fruto do tipo aquênio (Ryder 1986, Almeida 2006, Sala e Nascimento 2014).



**Figura 1.** Cultivo de alface em Vitória de Santo Antão – PE.

O pendoamento (Figura 2), transição entre as fases vegetativa e reprodutiva, é influenciado pela temperatura e pelo fotoperíodo. Assim, temperaturas acima de 25°C induzem ao pendoamento e, quando associado à ocorrência de dias longos, o processo de emissão do pendão floral é catalizado (Almeida 2006, Sala e Nascimento 2014).



**Figura 2.** Fase reprodutiva da alface: A – início do pendoamento, B – floração.

A alface é uma planta tipicamente autógama, que apresenta cleistogamia, cuja antese ocorre a partir das 8 horas, fechando as flores as 10 horas, dependendo da luminosidade e temperatura do ambiente. Assim, aproximadamente, duas horas antes da antese o pistilo emerge sendo polinizado ao passar pelo conjunto de anteras. Após a fertilização, o fruto do tipo aquênio levará 12 a 21 dias para atingir a maturação fisiológica (Ryder 1986, Sala e Nascimento 2014).

A realização da hibridação artificial é comum nos programas de melhoramento da alface, a qual é realizada com um corte rente as sépalas antes do início da antese do parental feminino. Posteriormente, pulveriza água na flor para retirada dos grãos de pólen e quando o estigma emergir e bifurcar, indicando maturação do órgão, é feita a polinização artificial passando-se a flor aberta do parental masculino (Ryder 1986).

## 2.2 Melhoramento genético da alface

A alface vem sendo melhorada no Brasil, contudo foi na década de 90 que houve grande avanço nas pesquisas, principalmente com relação tolerância ao cultivo em períodos ou regiões com altas temperaturas, ou seja, acima de 25°C. A cultivar Regina, do grupo lisa, foi a primeira cultivar brasileira com característica favorável para o cultivo no verão (Sala 2011, Sala e Costa 2012).

Com a mudança na preferência por parte do consumidor brasileiro e o avanço nas pesquisas, outras cultivares foram chegando ao mercado apresentando características importantes para o cultivo nas diversas regiões do Brasil, como tolerância ao pendoamento precoce, porte da planta, resistência ao vírus do mosaico da alface, resistência ao míldio, resistência à meloidoginose e com características agronômicas satisfatórias (Sala 2011). Atualmente, a herança de algumas características é conhecida favorecendo as pesquisas nessa cultura (Tabela 1).

**Tabela 1.** Herança das características de importância na cultura da alface

Característica	Herança
Cor da semente (gene marcador)	Preta - dominante (W); Branca - recessivo (w) segregação 3 (W) : 1 (w)
Forma das folhas (lobuladas)	Uoak, Ulob e u Gene dominante - formação dos lobos
Formação da cabeça	3 pares de genes (K, H e Ca) e muitos modificadores K (ausência de formação de cabeça); k (formação de cabeça)
Pendoamento	Série alélica <i>Sp</i> , <i>sp2</i> , <i>sp1</i> , <i>sp</i> (tolerância ao pendoamento)
Cerosidade das folhas	Alelo recessivo <i>gl</i> (ausência completa de cera nas folhas)
Morfologia	<i>u+</i> (folha "pontaguda"), <i>uo</i> (folhas crespas), <i>u</i> (folhas com ausência de lóbulos)

Coloração foliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Par de genes complementário (<i>CcGg</i>) - presença ou ausência de antocianina</li> <li>• Folha vermelha – presença do alelo dominante de cada gene complementário</li> <li>• Folha verde - outras combinações</li> <li>• Vermelho: distribuição geral (alelo <i>R</i>); formação de manchas (alelo <i>RS</i>); avermelhado sobre a margem das folhas (alelo <i>R=</i>)</li> </ul>
Vírus do mosaico da alface (LMV)	Herança recessiva: gene <i>g</i> (cv Galega), gene <i>mo</i> (acessos do Egito). Alelos em diferentes locos.
Tospovirus (TSWV)	Fontes de resistência: PI 342517 ('Ancora') e Tinto; resistência de dominância parcial.
Míldio da alface ( <i>Bremia lactucae</i> )	Resistência: dominante ( <i>Dm</i> ); suscetibilidade: recessivo ( <i>dm</i> ).
Murchadeira ( <i>Thielaviopsis basicola</i> )	Resistência: dominante <i>Tb</i>
Meloidoginose ( <i>Meloidogyne</i> spp.)	Resistência: dominante ( <i>Me</i> ), 'Grand Rapid' e 'Salinas-88'. Ação predominante aditiva

(Gomes *et al.* 2000, Sala 2011).

### 2.2.1 Características morfoagronômicas

A alfacicultura classifica as cultivares quanto à formação ou não de cabeça, tipo de borda e coloração da folha. Devido ao maior acesso a informação o consumidor brasileiro tem buscado produtos diversificados, como novas tipologias de alface, aumentando a importância de tipos pouco explorados (Henz e Suinaga 2009, Sala e Costa 2012).

Sala e Costa (2012) apontam uma tendência no sentido de maior segmentação da alfacicultura, como diversidade nos caracteres morfológicos: dimensões da planta e folhas com variação no tamanho, no formato, na borda, no limbo e na coloração. Do mesmo modo, há ainda características organolépticas, não exploradas pelo consumidor brasileiro como a textura foliar e sabor adocicado. Atendendo a esta demanda, novos segmentos já se encontram em crescimento como: mini alface; frisse, folhas de espessura mais grossa e sem formação de cabeça; e *baby leaf*, plantas colhidas ainda pequenas apresentando folhas mais tenras.

Uma das demandas dos produtores é o aumento de cultivares que apresentem boa adaptação ao cultivo em regiões de clima tropical. A maioria das cultivares disponíveis no mercado brasileiro apresenta pendoamento precoce, o que

resulta em colheita antecipada para evitar sabor amargo nas folhas proveniente do aumento na produção de látex (Silva *et al.* 2008, Souza *et al.* 2008, Carvalho Filho *et al.* 2009a).

O cultivo de alface em regiões com temperatura acima de 25°C estimula e induz o início do pendoamento. A associação de elevadas temperaturas com dias longos acelera o processo de emissão da haste floral (Sala e Nascimento 2014), inviabilizando o consumo.

A cultivar Regina foi a primeira cultivar desenvolvida no Brasil com tolerância ao pendoamento precoce, o que permitiu o cultivo da alface no verão, na região Sudeste (Sala 2011). Outras pesquisas foram desenvolvidas para obtenção de progênies ou cultivares tolerantes ao pendoamento precoce como a cv. Gloriosa (Sala e Costa 2008).

Fiorini *et al.* (2005) avaliando oito populações F<sub>2</sub> de alface, provenientes do cruzamento da cv. Verônica com oito linhagens, conseguiram classificar plantas tolerantes e não tolerantes ao pendoamento precoce considerando 111 dias como ponto de truncagem. Assim selecionaram 13,46% das plantas como tolerante ao pendoamento precoce e observaram a existência de plantas com segregação transgressiva para esta característica.

### **2.2.2 Resistência a podridão mole**

A enterobactéria *Pectobacterium carotovorum* subs. *carotovorum* (Jones) Hauben *et al.*, considerada uma das dez fitobactérias de maior importância científica e econômica (Mansfield *et al.* 2012), causa uma das doenças mais destrutivas na cultura da alface, a podridão mole. Esta bactéria é gram-negativa, anaeróbia facultativa, não esporulada, móvel por flagelos peritríquios e caracterizada pela produção de enzimas pécticas extracelulares (Mariano *et al.* 2005).

A podridão mole causa grandes perdas por sua capacidade de sobrevivência em restos culturais no solo, ampla gama de hospedeiros e alta variabilidade genética. Os sintomas de murcha são inicialmente observados nas folhas externas, principalmente em plantas adultas, e descoloração de rosa a marrom como resultado do colapso dos tecidos vasculares (Figura 3). Progressivamente a medula do caule torna-se encharcada, macerada e esverdeada, podendo chegar ao apodrecimento de toda a planta (Mariano *et al.* 2005, Silva *et al.* 2007, Félix *et al.*, 2014).



**Figura 3.** Sintomas da podridão mole em alface: A – folha; B – caule.

O manejo para controle da podridão mole é dificultado, devido a *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* sobreviver em restos culturais infectados, na água, no solo ou em plantas hospedeiras. Contudo, as características do solo podem influenciar na população deste patógeno. Alvarado *et al.* (2007) observaram que nos solos supressivos a taxa de extinção relativa da população do isolado Pcc127 teve correlação com a densidade aparente do solo e com a população de bactérias totais.

Silva *et al.* (2007) realizaram um levantamento da doença em Recife, Vitória de Santo Antão, Camocim de São Félix, Chã Grande, Bezerros, Garanhuns e Capoiras, no estado de Pernambuco, e observaram a ocorrência de podridão mole em todas as áreas amostradas, com prevalência de mais que 42%. No estudo foi constatada maior incidência da podridão mole nos cultivos de alface em Vitória de Santo Antão e nas cultivares Elba, Cacheada e Tainá, havendo possibilidade de ter resistência varietal na cultivar 'Vitória de Santo Antão' e Salad Bowl.

Em estudo de resistência à podridão mole com 41 cultivares, Félix *et al.* (2014) constataram que 14 cultivares foram moderadamente resistentes, incluindo a cultivar Vitória de Santo Antão. Observaram também não haver associação consistente entre o grupo da cultivar e a resistência ou suscetibilidade à podridão mole e que a 'Vitória de Santo Antão' foi a única com estabilidade na resistência à podridão mole, em relação aos três isolados testados.

### 2.2.3 Resistência a meloidoginose

*Meloidogyne* spp. são endoparasitos que causam grandes prejuízos na alface. Por infectar as raízes (Figura 4) comprometem a absorção de água e nutrientes provocando sintomas de deficiência mineral, como amarelecimento e nanismo. Na fase reprodutiva da alface, sob ocorrência de meloidoginose, o período

de florescimento é reduzido e concentrada a produção de sementes apenas nas primeiras inflorescências (Lopes *et al.* 2010, Sala e Nascimento 2014).



**Figura 4.** Sintoma de meloidoginose em alface.

Wilcken *et al.* (2004) avaliaram 10 cultivares de alface entre os tipos folha lisa, folha crespa, romana, mimosa e americana e observaram que todas foram hospedeiras de *M. incognita* raça 2, dentre elas a cultivar Vitória de Santo Antão. As cultivares de alface tipo americana Salinas 88, Challenge, Vanguard 75, Calgary, Classic e La Jolla foram consideradas fontes de resistência à *M. incognita* raça 2 (Wilcken *et al.* 2005).

Algumas cultivares são resistentes à meloidoginose com diferentes níveis de resistência, separadas nos grupos: I – altamente resistente, II – resistente, III – moderadamente resistente, IV – moderadamente suscetível, V – suscetível e VI – altamente suscetível. Assim, a ‘Vitória de Santo Antão’ foi classificada como altamente suscetível e a ‘Grand Rapids’ como moderadamente resistente (Rodrigues *et al.* 2012).

No estudo de herança realizado com as cultivares Regina 71, padrão de suscetibilidade, e Grand Rapids, padrão de resistência, Gomes *et al.* (2000) observaram que a resistência da cultivar Grand Rapids à *M. incognita* em alface é controlada por um único loco gênico, e que o alelo responsável pela resistência tem ação gênica predominantemente aditiva, sendo atribuída a denominação *Me*.

Carvalho Filho *et al.* (2008) realizaram um estudo de herança com as cultivares Regina 71 e Salinas 88 e constataram que a resistência da ‘Salinas 88’ a *M. incognita* raça 1 é parcialmente controlada por um gene maior com sua ação modificada por poligenes que afetam a expressão da resistência.

Assim, outras pesquisas com seleção de progênies ou linhagens de alface foram realizadas obtendo materiais com potencial de resistência a *M. incognita*

(Carvalho Filho *et al.* 2009b, Fernandes e Kulczynski 2009, Carvalho Filho *et al.* 2012, Ferreira *et al.* 2013, Oliveira *et al.* 2015), a *M. javanica* (Silva *et al.* 2008, Ferreira *et al.* 2011), a *M. enterolobii* (Melo *et al.* 2011) e a população mista de *M. incognita* e *M. javanica* (Fiorini *et al.* 2007, Rodrigues *et al.* 2012).

### 3 REFERÊNCIAS

Almeida D (2006) **Manual de culturas hortícolas**. Volume 1. Editora Presença, Lisboa, 346p.

Alvarado I del CM, Michereff SJ, Mariano RLR, Silva AMF e Nascimento CWA (2007) Caracterização de solos de Pernambuco quanto à supressividade a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. **Fitopatologia Brasileira** **32**: 222-228.

Carvalho C, Kist BB e Treichel M (2016) **Anuário brasileiro das hortaliças**. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, 64p.

Carvalho Filho JLS, Gomes LAA e Maluf WR (2009a) Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F<sub>4</sub> do cruzamento 'Regina 71' e 'Salinas 88'. **Acta Scientiarum** **31**: 37-42.

Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Biguzzi FA, Maluf WR e Ferreira S (2009b) F<sub>4</sub> families of crisp-leaf lettuce with tolerance to early bolting and homozygous for resistance to *Meloidogyne incognita* race 1. **Horticultura Brasileira** **27**: 335-339.

Carvalho Filho JLS, Gomes LAA e Carvalho RRC (2012) Incidência de galhas de *Meloidogyne incognita* raça 1 em progênies de F<sub>2:3</sub> ('Salinas 88' x 'Colorado') de alface. **Scientia Plena** **8**: 1-7.

Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Westerich JN, Maluf WR, Campos VP e Sindynara F (2008) Inheritance of resistance of 'Salinas 88' lettuce to the rootknot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Agrociência** **14**: 279-289.

Félix KCS, Oliveira WJ, Mariano RLR e Souza, EB (2014) Selection for lettuce genotypes resistance to soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. **Scientia Agricola** **71**: 287-291.

Fernandes AM e Kulczynski SM (2009) Reações de cultivares de alface a *Meloidogyne incognita*. **Agrarian** **2**: 143-148.



Ferreira S, Vieira VLF, Gomes LAA, Maluf WR e Carvalho Filho JLS (2011) Identificação de linhagens avançadas de alface quanto à resistência a *Meloidogyne javanica*. **Ciência e Agrotecnologia** **35**: 270-277.

Ferreira S, Gomes LAA, Gasparino, CF, Carvalho Filho JLS e Maluf WR (2013) Caracterização de famílias F<sub>2:3</sub> de alface para resistência ao nematoide das galhas. **Revista Agroambiental** **5**: 35-42.

Filgueira FAR (2008) **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, 421p.

Fiorini CVA, Gomes LAA, Maluf, WR, Fiorini IVA, Duarte RPF e Licursi V (2005) Avaliação de populações F<sub>2</sub> de alface quanto à resistência aos nematóides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira** **23**: 299-302.

Fiorini CVA, Gomes LAA, Libânio RA, Maluf WR, Campos VP, Licursi V, Moretto P, Souza LA e Fiorini, IVA (2007) Identificação de famílias F<sub>2:3</sub> de alface homozigotas resistentes aos nematoides das galhas. **Horticultura Brasileira** **25**: 509-513.

Gomes LAA, Maluf WR e Campos VP (2000) Inheritance of the resistant reaction of the lettuce cultivar 'Grand Rapids' to the Southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Euphytica** **114**: 37-46.

Henz GP e Suinaga F (2009) **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Editora Embrapa, Brasília, 7p.

Lopes CA, Quezado-Duval AM e Reis A (2010) **Doenças da alface**. Editora Embrapa Hortaliças, Brasília, 68p.

Mansfield J, Genin S, Magori S, Citovsky V, Sriariyanum M, Ronald P, Dow M, Verdier V, Beer SV, Machado MA, Toth I, Salmond G e Foste GD (2012) Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology** **13**: 614-629.

MAPA (2001) **Instruções para Execução dos Ensaio e Distinguibilidade Homogeneidade e Estabilidade de Cultivares de Alface (*Lactuca sativa* L.)**.

Minsitério da Agricultura Abastecimento e Pecuária. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/olericolas>>. Acesso em: 16/01/2016.

Mariano RLR, Silveira EB, Alvorado ICM e Silva AMF (2005) Bactérias fitopatogênicas pectinolíticas dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*. **Anais da Academia Pernambucana de Ciencia Agrônômica 2**: 121-153.

Melo OD, Maluf WR, Gonçalves RJS, Gonçalves Neto AC, Gomes LAA e Carvalho RC (2011) Triagem de genótipos de hortaliças para resistência a *Meloidogyne enterolobii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 46**: 829-835.

NEPA-UNICAMP (2011) **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Editora UNICAMP, Campinas, 161p.

Oliveira GHF, Santana SRA, Fonseca, RCN, Lima LE, Gomes LAA e Carvalho Filho JLS (2015) *Meloidogyne incognita* resistant strains of leaf lettuce. **African Journal of Agricultural Research 51**: 4660-4667.

Rodrigues CS, Pinheiro JB, Suinaga FA, Pereira RB e Carvalho ADF (2012) Seleção preliminar de cultivares de alface para resistência ao nematoide-das-galhas. **Horticultura Brasileira 30**: S2048-S2054.

Ryder, EJ (1986) Lettuce breeding. In Bassett MJ (ed) **Breeding Vegetables Crops**. AVI Publising Company, Westport, p. 433-474.

Sala, FC (2011) Melhoramento genético de alface. **Horticultura Brasileira 29**: S5813-S5827.

Sala FC e Costa CP (2008) 'Gloriosa': Cultivar de alface americana tropicalizada. **Horticultura Brasileira 26**: 409-410.

Sala FC e Costa CP (2012) Retrospectiva e tendência da alfacecultura brasileira. **Horticultura Brasileira** 30: 188-194.

Sala FC e Nascimento WM (2014) Produção de sementes de alface. In Nascimento WM (ed.) **Produção de sementes de hortaliças**. Editora Embrapa, Brasília, p. 17-42.

Silva AMF, Mariano RLR, Michereff SJ, Silveira, EB da e Medeiros FHV de (2007) Levantamento da intensidade da podridão-mole em alface e couve-chinesa em Pernambuco. **Caatinga** 20: 84-93.

Silva RR, Gomes LAA, Monteiro AB, Maluf WR, Carvalho-Filho JLS e Massaroto JA (2008) Linhagens de alface-crespa para o verão resistentes ao *Meloidogyne javanica* e ao vírus mosaico-da-alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 43: 1349-1356.

Souza MCM, Resende LV, Menezes D, Loges V, Souto TA e Santos VF (2008) Variabilidade genética para características agronômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira** 26: 354-358.

Vries IM de (1997) Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. **Genetic Resources and Crop Evolution** 44: 165-174.

Wilcken SRS, Garcia MJM e Silva N (2004) Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 2 em diferentes cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.). **Arq. Inst. Biol.** 71: 379-381.

Wilcken SRS, Garcia MJM e Silva N (2005) Resistência de alface do tipo americana a *Meloidogyne incognita* raça 2. **Nematologia Brasileira** 29: 267-271.

Zohary D (1991) The wild genetic resources of cultivated lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Euphytica** 53: 31-35.

## **CAPÍTULO 2 – Seleção de progênies de alface para resistência a doenças e caracteres morfoagronômicos**

---

---

## **Seleção de progênies de alface para resistência a doenças e caracteres morfoagronômicos**

**Taciana L. de A. Lima<sup>1</sup>; Juliana Caroline Rufino da Silva<sup>2</sup>; Wagner Sandro de Moura Adelino<sup>3</sup>; Eduardo Henrique de A. Maranhão<sup>4</sup>; Luiz Evandro de Lima<sup>5</sup>; José Luiz S. de Carvalho Filho<sup>6</sup>**

<sup>1, 2, 3, 6</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco. CEP: 52171-900; [tl\\_leite@hotmail.com](mailto:tl_leite@hotmail.com) (autor para correspondência); [juliana-caroline01@hotmail.com](mailto:juliana-caroline01@hotmail.com); [wagner.sandro@bol.com.br](mailto:wagner.sandro@bol.com.br); [luz.sandes@ufrpe.br](mailto:luz.sandes@ufrpe.br);

<sup>4, 5</sup>Instituto Agrônomo de Pernambuco, Estação Experimental de Vitória de Santo Antão. Rua dos Canos, s/n, Vitória de Santo Antão, Pernambuco. CEP:55.600-000; [luz.evandro@ipa.br](mailto:luz.evandro@ipa.br)

### **RESUMO**

Dentre as hortaliças folhosas produzidas no Brasil, a alface se destaca por ser a mais consumida e de maior relevância social para a agricultura familiar. O cultivo sucessivo de alface, comum entre os agricultores, favorece a disseminação e aumento populacional de patógenos de solo como *Meloidogyne* spp. e *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Apesar de difundida no Brasil, a maioria das cultivares disponíveis apresenta pendoamento precoce, resultando em colheita antecipada e, conseqüentemente, em plantas fora do padrão comercial. Neste contexto, o objetivo com o trabalho foi obter progênies de alface de folha lisa resistentes à podridão mole, com tolerância ao pendoamento precoce e com características morfoagronômicas desejáveis à comercialização. Para isso, foi realizada a hibridação entre 'Vitória de Santo Antão' e a linhagem Beta, obtendo sementes F<sub>1</sub> que foram cultivadas para obtenção das progênies F<sub>2</sub>. Na geração F<sub>2</sub>, foram selecionadas plantas com resistência à podridão mole e pré-selecionadas contra meloidoginose. As progênies F<sub>2:3</sub> foram submetidas à seleção quanto a resistência à podridão mole e a tolerância ao pendoamento precoce, sob delineamento de blocos casualizados com três repetições e oito plantas por parcela, e as progênies F<sub>2:4</sub> foram selecionadas quanto a resistência à podridão mole e as características morfoagronômicas, sob delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e 16 plantas por parcela. Na geração F<sub>2</sub>, com 608 progênies, foram selecionadas 333 com notas até 3, para ambas as doenças, sendo que 16

progênies produziram sementes  $F_{2:3}$ . Entre as progênies  $F_{2:3}$  avaliadas, seis foram resistentes à podridão mole e apenas a progênie 202 foi tolerante ao pendoamento precoce, apresentando desempenho transgressivo. Na geração  $F_{2:4}$ , dentre as 50 progênies avaliadas, 27 foram resistentes à podridão mole e as progênies 172-12; 202-11; 172-08; 202-42; 023-02; 202-37 e 202-30 apresentaram características agronômicas desejáveis.

Palavras chaves: *Meloidogyne incognita*, pectobactérias, cruzamento artificial, melhoramento vegetal.

## ABSTRACT

Among the leafy vegetables produced in Brazil, lettuce stands out as the most consumed and of greater social relevance for family agriculture. The successive crop of lettuce is common and favors the dissemination and population increase of soil pathogens such as *Meloidogyne* spp. and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Although widespread in Brazil, most of the available cultivars present early bolting, resulting in early harvest and, consequently, in non-commercial plants. In this context, the objective of this work was to obtain butterleaf lettuce progenies resistant to soft rot, with tolerance to early bolting and with commercially desirable morphoagronomic characteristics. For this, was crossed to cultivar Vitória de Santo Antão with Beta lineage, obtaining  $F_1$  seeds that were cultivated to obtain the  $F_2$  progenies. In the  $F_2$  generation, were selected plants with resistance to soft rot and pre-selected against meloidoginose.  $F_{2:3}$  progenies were submitted to selection for resistance to soft rot and tolerance to early bolting under blocks at random with three replicates and eight plants per plot and  $F_{2:4}$  progenies were selected for resistance to soft rot and morphoagronomic characteristics under blocks at random with four replicates and sixteen plants per plot. In the  $F_2$  generation, with 608 progenies, 333 were selected with scores up to 3, for both diseases, and 16 progenies produced  $F_{2:3}$  seeds. Among the  $F_{2:3}$  progenies evaluated, six were resistant to soft rot and only the progeny 202 was tolerant to early bolting, presenting transgressive performance. In generation  $F_{2:4}$ , among the 50 evaluated progenies, 27 were resistant to soft rot and the progenies 172-12; 202-11; 172-08; 202-42; 023-02; 202-37 and 202-30 presented desirable agronomic characteristics.

Key words: *Meloidogyne incognita*, pectobacteria, artificial crossing, vegetable breeding.

## INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a hortaliça folhosa mais consumida e de maior valor econômico, com importância medicinal e nutricional observada pelo fornecimento de minerais e vitaminas, com baixa caloria. Assim, preferivelmente as folhas são consumidas *in natura* para uma alimentação mais saudável (Carvalho 2016).

A composição nutricional varia com o tipo de alface, assim no consumo das folhas de alface crespa frescas, a composição média por 100g comestíveis é de 96% de água, 15,6mg de vitamina C, 11mg de magnésio, 0,4mg de ferro, 3mg de sódio, 267mg de potássio, 0,3mg de zinco, 38mg de cálcio, 26mg de fósforo, 0,11mg de tiamina (B1), 0,12mg de riboflavina (B2) e 1,09mg de niacina, e com 11kcal de valor energético. (NEPA-UNICAMP 2011).

A relevância da alfacultura na agricultura familiar ocorre pelo cultivo de baixo investimento inicial, com elevada produção por hectare e o produto é comercializado com 65 a 80 dias após a semeadura, promovendo retorno financeiro a curto prazo. Isto torna a alface uma cultura estratégica e de grande importância social para a agricultura familiar (Ryder 1986, Figueira 2008, Carvalho 2016).

No mercado brasileiro encontra-se grande diversidade de cultivares de alface, melhoradas para obtenção de plantas com arquitetura diferenciada, pendoamento lento, resistentes a doenças e com adequação ao sistema de comercialização em caixas de madeira (Sala 2011, Sala e Costa 2012), reduzindo as perdas no campo e na pós-colheita. Esses trabalhos têm alcançado resultados significativos viabilizando o cultivo em quase todo território Nacional. Entretanto, alguns problemas como pendoamento precoce persistem no cultivo de alface em regiões tropicais.

A maioria das cultivares disponíveis apresenta pendoamento precoce quando cultivadas em regiões tropicais, o que promove um sabor amargo nas folhas devido à produção de látex neste estágio de desenvolvimento (Silva *et al.* 2008, Souza *et al.* 2008, Carvalho Filho *et al.* 2009a). Para evitar perdas devido ao sabor amargo nas folhas, o agricultor antecipa a colheita da alface comercializando um produto de baixa qualidade, ou seja, plantas pequenas e com poucas folhas.

A alface é suscetível à *M. incognita* e seu cultivo sucessivo durante todo o ano tem favorecido o aumento dos níveis populacionais deste patógeno (Wilcken *et al.* 2004), em que são observadas plantas com amarelecimento e nanismo, como resultado de deficiência mineral (Lopes *et al.* 2010). Assim, 10 cultivares de alface

foram avaliadas quanto à reação a *M. incognita* raça 2 e foi observado que todas foram hospedeiras, dentre elas a 'Vitória de Santo Antão' (Wilcken *et al.* 2004).

Contudo, algumas cultivares são resistentes ao *Meloidogyne* spp. com diferentes níveis de resistência, como a reação das cultivares Tainá, resistente, e Grand Rapids, moderadamente resistente, quando inoculadas com população mista de *M. incognita* raça 1 e *M. javanica*. Outras são suscetíveis à meloidoginose, como a cultivar Vitória de Santo Antão que é altamente suscetível à população mista de *M. incognita* raça 1 e *M. javanica* (Rodrigues *et al.* 2012).

Outra doença da alface de expressão econômica, considerada uma das dez fitobacterioses de maior importância científica e econômica do mundo (Mansfield *et al.* 2012), é a podridão mole causada pela enterobactéria *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. No campo, sua ocorrência em alface é observada pela murcha de folhas ou da planta e descoloração de rosa a marrom dos tecidos vasculares, levando a senescência da planta (Mariano *et al.* 2005, Silva *et al.* 2007, Félix *et al.* 2014).

Nas mesorregiões da Zona da Mata e Agreste pernambucanos, foram constatados sintomas de podridão mole na cultura de alface em mais de 42,9% das áreas avaliadas (Alvarado *et al.* 2007, Silva *et al.* 2007). Em estudo de resistência à podridão mole com 41 cultivares, 14 cultivares foram moderadamente resistentes, incluindo a 'Vitória de Santo Antão', comercialmente cultivada em Pernambuco (Félix *et al.* 2014).

O desenvolvimento de cultivares de alface com múltipla resistência e que apresentem tolerância ao pendoamento precoce é importante para atender à demanda do alfacicultor brasileiro. Entretanto, as características morfoagronômicas relacionadas a comercialização da alface, como a formação ou não de cabeça, tipo de folha, grau de ondulação da margem (tipo de borda das folhas), ausência ou presença de antocianina e de brilho (Vries 1997, Krístková *et al.* 2008), cor da folha e tamanho da planta, devem ser consideradas nas seleções desses materiais.

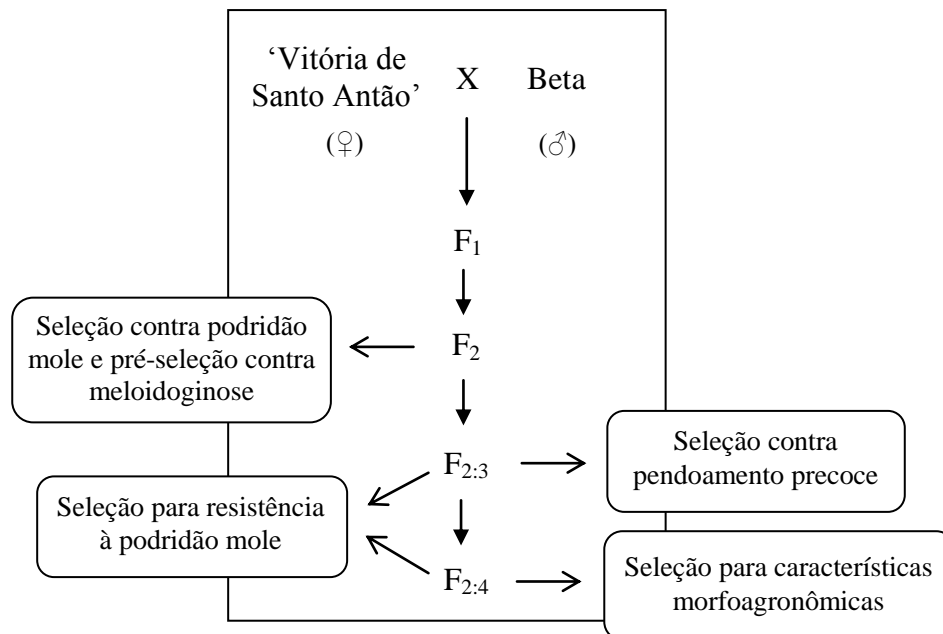
Neste contexto, o objetivo com o trabalho foi obter progênies de alface de folha lisa resistentes à podridão mole, com tolerância ao pendoamento precoce e com características morfoagronômicas desejáveis à comercialização.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O programa de melhoramento da alface com foco na obtenção de materiais de alface resistentes a doenças e para cultivo em regiões de clima tropical foi



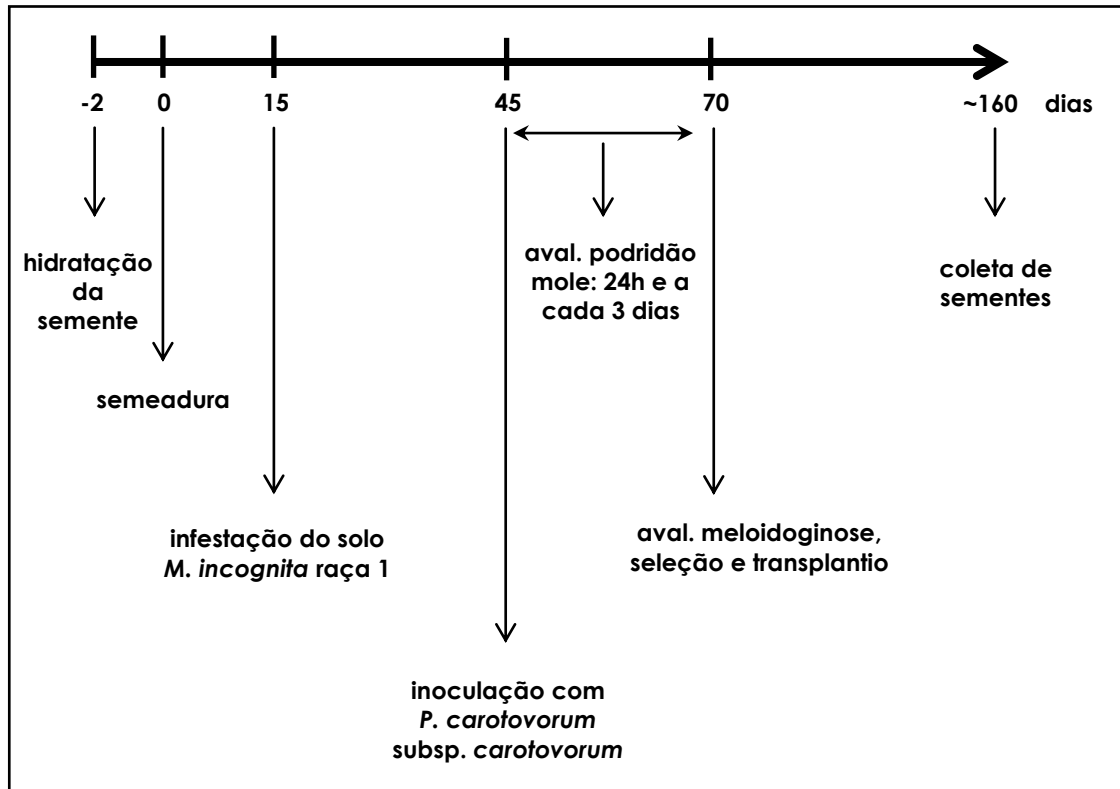
desenvolvido nas instalações da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em Recife – PE e da Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Vitória de Santo Antão – PE (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema das etapas do programa de melhoramento da alface visando a resistência à podridão mole, tolerância ao pendoamento precoce e características morfoagronômicas desejáveis à comercialização.

Em cada etapa, as sementes de alface a serem semeadas passavam pelo processo de hidratação, dois dias antes da semeadura, para evitar a dormência secundária e uniformizar a germinação. Assim, as sementes foram envolvidas em papel toalha umedecido com água e acondicionados em saco plástico, mantendo sob refrigeração à 5°C por 48h. Os pacotes com as sementes hidratadas ficaram à temperatura ambiente por 2h antes da semeadura.

Para seleção contra podridão mole e meloidoginose, as metodologias para avaliação destas doenças em alface foram adaptadas para o cultivo em bandejas de poliestireno expandido – EPS de 128 células e para a avaliação conjunta das mesmas. Assim, as plantas foram semeadas e cultivadas em células alternadas para obter melhor desenvolvimento das doenças e condições de avaliação, e os períodos de infestação do solo com *M. incognita* raça 1 e inoculação da planta com *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* foram diferenciados, sem haver prejuízo nas avaliações dos sintomas de podridão mole e meloidoginose (Figura 2).



**Figura 2.** Metodologia desenvolvida para avaliação conjunta de podridão mole e meloidoginose em plantas de alface, cultivadas em bandejas EPS de 128 células e em casa de vegetação.

## 1. Genótipos

Os genótipos utilizados nos experimentos foram quatro cultivares e a linhagem Beta, como parental e testemunhas (Tabela 1), e as progênies obtidas e selecionadas em cada geração. A linhagem Beta é proveniente do programa de melhoramento genético de alface da Universidade Federal de Lavras – UFLA, na geração F<sub>6</sub>, tendo sido obtida do cruzamento entre ‘Regina 71’ e ‘Grand Rapids’, com posterior cruzamento com ‘Elisa’, por ser uma cultivar do tipo folhas lisas, de alto padrão comercial.

**Tabela 1.** Caracterização das cultivares e linhagem utilizadas como parentais e testemunhas

Cultivar / Linhagem	Características gerais	Pendoamento precoce	Podridão mole	Meloidoginose	Referência
‘Regina 71’	folhas soltas e lisas, tendência a formação de	tolerante		suscetível	Carvalho Filho 2009a

	cabeça conforme condições ambientais, coloração verde claro				
'Grand Rapids'	folhas soltas, crespas, bordos foliares ondulados, folhas tenras, flexíveis, coloração verde claro	não tolerante		moderadamente resistente	Sala 2011, Rodrigues 2012
'Vitória de Santo Antão'	folhas soltas, lisas com ondulações, pouco tenras e relativamente espessas, coloração verde escuro	tolerante	moderadamente resistente	altamente susceptível	Rodrigues 2012, Félix <i>et al.</i> 2014
'Tainá'	cabeça compacta, boa formação de ombro	tolerante	susceptível	resistente	Rodrigues 2012, Sakata 2015, Félix <i>et al.</i> 2014
Linhagem Beta	folhas soltas e lisas, com coloração verde claro	tolerante		resistente	Oliveira 2015

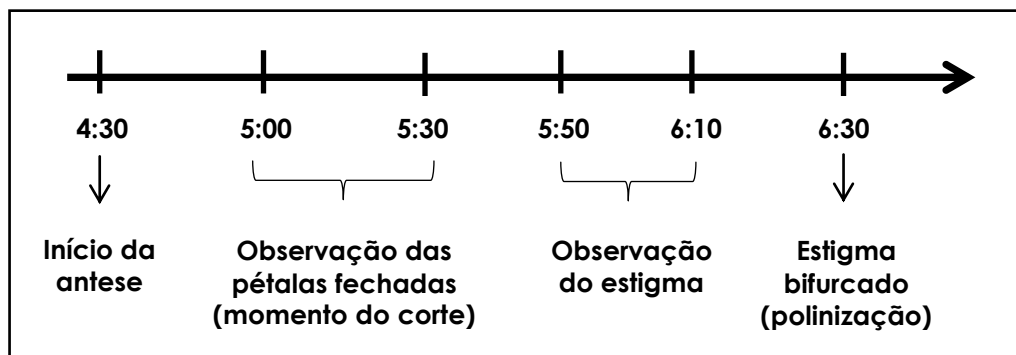
## 2. Hibridação e obtenção das sementes F<sub>2</sub>

A pesquisa foi iniciada com a realização da hibridação entre a cultivar Vitória de Santo Antão, utilizada como parental feminino e resistente à podridão mole, e a linhagem Beta, como parental masculino e resistente à meloidoginose. Os parentais foram semeados de forma escalonada em bandeja de poliestireno expandido - EPS com 128 células contendo substrato Basaplant Hortaliças.

Uma semana após cada semeadura foi realizado o desbaste deixando uma plântula por célula e quando as mudas apresentaram 4 a 6 folhas definitivas foram transplantadas para canteiros previamente preparados com esterco curtido, na horta da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, sob o espaçamento de 60cmx40cm. As plantas começaram a florescer entre cinco a seis meses da semeadura, período em que foi realizado o cruzamento.

No parental feminino 'Vitória de Santo Antão' foi realizado um corte acima das sépalas, em inflorescências ainda fechadas, e vaporizado água para retirada do pólen. Quando as inflorescências estavam abertas e os estigmas expostos, foram

coletadas inflorescências abertas do parental masculino Beta e passadas levemente nos estigmas da cultivar Vitória de Santo Antão (Figura 3), sendo marcadas estas inflorescências artificialmente polinizadas. Após 16 dias as sementes  $F_1$  maduras foram coletadas e armazenadas em sacos de papel identificados e sob refrigeração a 15°C.



**Figura 3.** Etapas do cruzamento artificial em alface realizado na Zona da Mata de Pernambuco.

Para a obtenção das progênies  $F_2$ , foram semeadas de três a cinco sementes  $F_1$  previamente hidratadas por célula, em bandejas de EPS de 128 células contendo substrato Basaplant Hortaliças. O desbaste foi realizado após uma semana e as mudas com 4 a 6 folhas definitivas foram transplantadas para canteiros na horta da UFRPE, previamente preparados com esterco curtido, sob o espaçamento de 60cmx40cm e conduzidas até a obtenção das progênies  $F_2$ . As sementes foram coletadas e armazenadas em sacos de papel identificados e sob refrigeração a 15°C.

### 3. Experimento 1 – progênies $F_2$ : seleção para resistência a podridão mole e pré-seleção contra meloidoginose

Progênies  $F_2$  de alface, totalizando 608 sementes, foram semeadas em bandejas de EPS de 128 células contendo substrato Basaplant Hortaliças, sendo colocada uma semente por célula, em células alternadas, e as bandejas mantidas em casa de vegetação.

- a) ***P. carotovorum* subsp. *carotovorum***: obtenção do inóculo, inoculação e avaliação

Para a seleção de progênies  $F_2$  resistentes à podridão mole foi utilizado o isolado Pcc-23 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, cedido da Coleção de

Culturas de Bactérias do Laboratório de Fitobacteriologia da UFRPE e preservado em água esterilizada. O isolado foi cultivado em meio CPG (1g de caseína hidrolisada, 10g de peptona, 10g de glicose e 18g de ágar para 1000mL com água destilada), pelo método de estrias, à 28°C por 48 h. Em seguida foi adicionada água destilada esterilizada e a concentração da suspensão ajustada em fotocolorímetro para  $A_{570} = 0,36$ , que corresponde a  $1,0 \times 10^9$  UFC.mL<sup>-1</sup>.

O isolado Pcc-23 foi inoculado aos 45 dias da semeadura na segunda e terceira folhas através do método de picada, realizando um ferimento na base do pecíolo com alfinete entomológico a profundidade de 1,0 mm. Em seguida, com o auxílio de um micropipetador, foram depositados 50 µL da suspensão bacteriana na concentração de  $1,0 \times 10^9$  UFC.mL<sup>-1</sup>. Após a inoculação, as plantas foram submetidas à câmara úmida por 12 horas, em casa de vegetação (Mello *et al.* 2011, Félix *et al.* 2014).

As plantas foram avaliadas 24h após a inoculação e a intervalos de três dias, e os sintomas da podridão mole foram observados com base no desenvolvimento da lesão usando-se uma escala ordinal descritiva variando de 1 a 9 (Ren *et al.* 2001), onde 1– sem lesão no ponto de inoculação; 2– lesão menor que 5,0 mm; 3– lesão entre 5,0 e 10,0 mm; 4– lesão maior que 10,0 mm, porém não atingindo as folhas; 5– lesão alcançando o limbo foliar e o caule principal; 6– caule infectado, porém sem atingir as folhas não inoculadas; 7– caule e folhas não inoculadas infectadas; 8– planta inteira próximo à morte; 9– planta morta. As progênies foram classificadas de acordo com a reação da doença (Félix *et al.* 2014), em que: 1,0 a 2,0 – resistente (R); 2,01 a 4,0 – moderadamente resistente (MR); 4,01 a 7,0 – susceptível (S) e 7,01 a 9,0 – altamente susceptível (AS).

**b) *M. incognita* raça 1:** obtenção de ovos, infestação do solo e avaliação

A população de *M. incognita* raça 1 pertence ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas (PPGMGP), sendo mantida em plantas de *Solanum lycopersicum* cv. Santa Cruz Kada, conduzidas em vaso de 2,8L em casa de vegetação.

Os ovos foram extraídos de plantas de tomateiros infectadas, conforme técnica proposta por Hussey e Barker (1973) e modificada por Bonetti e Ferraz (1981). As raízes foram lavadas em água parada, cortadas no tamanho de um centímetro e trituradas em liquidificador por 30 segundos com solução de hipoclorito de sódio a 0,5%. A suspensão foi passada em peneiras de 300 e 500 Mesh, o

resíduo lavado com água abundante e transferido para bécker. Os ovos foram contados em triplicata, com auxílio de microscópio e da lâmina de Peters, sendo calculada a média de ovos na suspensão e ajustada para  $1.500 \text{ ovos.mL}^{-1}$  de suspensão.

No experimento de pré-seleção contra meloidoginose, a infestação do substrato foi realizada aos 15 dias da sementeira das plantas de alface introduzindo, próximo ao colo da planta com auxílio de uma seringa veterinária, aproximadamente, 1.500 ovos por célula.

A observação dos sintomas foi realizada 50 dias após a inoculação, avaliando as galhas no sistema radicular visíveis no torrão através da escala ordinal descritiva variando de 1 a 5 (Carvalho Filho *et al.* 2009b), onde 1– menos de 10 galhas visíveis, menores de 1,0 mm; 2– menos de 10 galhas visíveis, com 1,0 a 3,0 mm; 3– 10 a 30 galhas visíveis, com 1,0 a 3,0 mm e algumas maiores que 3,0 mm; 4– mais de 30 galhas visíveis, poucas com 1,0 a 3,0 mm, predominando as maiores que 3,0 mm e algumas galhas coalescentes; 5– mais de 30 galhas visíveis, maiores que 3,0 mm e elevado número de galhas coalescentes.

Para obtenção de maior quantidade de materiais genéticos com potencial para resistência à podridão mole e meloidoginose, a nota 3 foi considerada como limite máximo para seleção, ou seja, as progênies  $F_2$  que obtiveram notas até três nas avaliações da podridão mole e meloidoginose foram selecionadas, sendo transplantadas para sacos contendo substrato Basaplant Hortaliças e conduzidas para obtenção das progênies  $F_{2:3}$ .

#### **4. Experimento 2 – progênies $F_{2:3}$ : seleção para resistência a podridão mole**

As progênies  $F_{2:3}$  de alface: 023; 075; 154; 172; 202; 327; 568; 575; 587 e 610, oriundas das plantas  $F_2$  selecionadas para resistência a podridão mole e pré-selecionadas contra meloidoginose, e as testemunhas Beta, 'Vitoria de Santo Antão' e 'Tainá' foram conduzidas em bandejas de EPS de 128 células contendo substrato Basaplant Hortaliças para seleção de resistência à podridão mole.

Foram semeadas de três a cinco sementes por célula, alternadamente, as bandejas mantidas em casa de vegetação e o desbaste foi realizado uma semana após a sementeira, deixando uma plântula por célula. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados com três repetições e 16 plantas por parcela e o manejo constou de irrigação por microaspersão com instalação aérea e adubação com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950).

As plantas foram inoculadas com o isolado Pcc-23 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* aos 45 dias após a semeadura, como descrito no item 3, e os sintomas da podridão mole foram avaliados com 24h após a inoculação e em mais quatro avaliações, a cada três dias, através da escala ordinal descritiva, conforme Ren *et al.* (2001), e as progênies classificadas para reação da doença, conforme Félix *et al.* (2014).

### **5. Experimento 3 – progênies F<sub>2:3</sub>: seleção para tolerância ao pendoamento precoce e obtenção de progênies F<sub>2:4</sub>**

Das progênies F<sub>2:3</sub> de alface, oriundas das plantas F<sub>2</sub> selecionadas para resistência à podridão mole e pré-selecionadas contra meloidoginose, seis progênies (023; 075; 154; 172; 202; 327; 568; 575; 587 e 610) e as testemunhas Beta, 'Vitoria de Santo Antão', 'Regina 71' e 'Grand Rapids' foram conduzidas para seleção de tolerância ao pendoamento precoce.

Em bandejas de EPS de 128 células, contendo substrato Basaplant Hortaliças, foram semeadas de três a cinco sementes hidratadas por célula e as bandejas mantidas em casa de vegetação. O desbaste foi realizado uma semana após a semeadura ficando uma plântula por célula e quando as mudas apresentaram 4 a 6 folhas definitivas foram transplantadas para canteiros na horta da UFRPE.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados com três repetições e 16 plantas por parcela, distribuídas em duas fileiras com espaçamento de 0,30 m entre plantas. As plantas foram avaliadas para a tolerância ao pendoamento precoce através do número de dias decorridos da semeadura à primeira antese da planta e, posteriormente, conduzidas até a obtenção das progênies F<sub>2:4</sub>.

Na condução do experimento, as plantas foram tutoradas, adubadas semanalmente com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) e irrigadas por microaspersão com instalação aérea, sendo suspendida a partir do início da maturação das sementes. As sementes colhidas foram armazenadas em sacos de papel identificados e sob refrigeração a 15°C.

Simultaneamente, outras dez progênies F<sub>2:3</sub> de alface foram conduzidas apenas para obtenção das progênies F<sub>2:4</sub>, isto por terem sido oriundas de plantas F<sub>2</sub> selecionadas que produziram quantidade insuficiente de sementes para realização dos experimentos. As sementes foram semeadas em bandejas de EPS de 128

células contendo substrato Basaplant Hortaliças, mantidas em casa de vegetação e ao apresentarem 4 a 6 folhas definitivas as mudas foram transplantadas para canteiros na horta da UFRPE. Com a mesma condução do experimento, as sementes  $F_{2:4}$  colhidas foram armazenadas em sacos de papel identificados e sob refrigeração a 15°C.

#### **6. Experimento 4 – progênies $F_{2:4}$ : seleção para resistência a podridão mole**

Das avaliações com as plantas  $F_{2:3}$ , 50 progênies  $F_{2:4}$  de alface selecionadas e as testemunhas Beta, 'Vitoria de Santo Antão', 'Tainá', 'Grand Rapids' e 'Regina 71' foram conduzidas em bandejas de EPS de 128 células contendo substrato Basaplant Hortaliças para seleção de resistência à podridão mole.

Foram semeadas de três a cinco sementes por célula, alternadamente, as bandejas mantidas em casa de vegetação e o desbaste foi realizado uma semana após a semeadura, deixando uma plântula por célula. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e oito plantas por parcela e o manejo constou de irrigação por microaspersão com instalação aérea e adubação com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950).

As plantas foram inoculadas com o isolado Pcc-23 de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* aos 45 dias após a semeadura, como descrito no item 3, e os sintomas da podridão mole foram avaliados com 24h após a inoculação e em mais três avaliações, a cada três dias, através da escala ordinal descritiva, conforme Ren *et al.* (2001), e as progênies classificadas para reação da doença, conforme Félix *et al.* (2014).

#### **7. Experimento 5 – progênies $F_{2:4}$ : seleção para características morfoagronômicas**

Neste experimento, as 50 progênies  $F_{2:4}$  de alface selecionadas em  $F_{2:3}$  e as testemunhas Beta, 'Vitoria de Santo Antão', 'Regina 71' e 'Grand Rapids' foram avaliadas em campo para seleção das características morfoagronômicas desejáveis à comercialização.

Em bandejas de EPS de 128 células, contendo substrato Basaplant Hortaliças, foram semeadas de três a cinco sementes hidratadas por célula e as bandejas mantidas em casa de vegetação. O desbaste foi realizado uma semana após a semeadura ficando uma plântula por célula e quando as mudas apresentaram 4 a 6 folhas definitivas foram transplantadas para canteiros na



Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em Vitória de Santo Antão – PE.

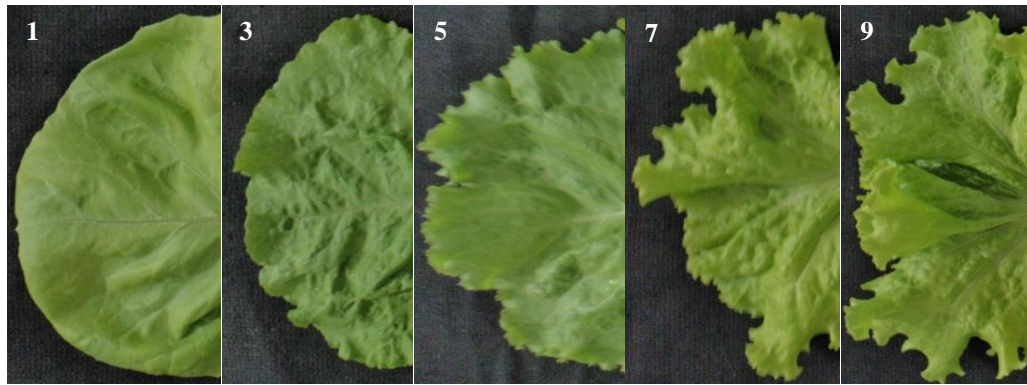
No período de realização do experimento a precipitação pluviométrica acumulada foi de 205,5mm e a média de temperatura foi 26,5°C. Na condução do experimento houve irrigação suplementar por microaspersão, adubação com esterco curtido na fundação e aos 15 e 21 dias após o transplante e duas capinas manuais.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e 16 plantas por parcela no espaçamento de 0,30m x 0,30m, distribuídas em quatro linhas. As plantas da parcela útil, composta pelas quatro plantas centrais, foram colhidas aos 32 dias após o transplante e avaliadas após a retirada do sistema radicular e as folhas senescentes da base.

As características morfoagronômicas avaliadas foram: diâmetro da planta (cm); altura da planta (cm); massa fresca da planta (g); número de folhas (< 5,0 cm de comprimento); massa fresca das folhas (g); comprimento das folhas (cm); largura das folhas (cm); tipo de borda da folha, através de escala ordinal descritiva, onde 1– ausente ou muito fraco, 3– fraco, 5– médio, 7– forte, 9– muito forte (Figura 4); grau de embolhamento na folha, através de escala ordinal descritiva, onde 1– ausente ou muito fraco, 3– fraco, 5– médio, 7– forte, 9– muito forte (Figura 5); cor da folha, através de escala ordinal descritiva, onde 1– verde com amarelo, 2– verde com amarelo claro, 3– verde claro, 4– verde, 5– verde escuro; e presença de brilho na folha, onde 1– ausente, 2– presente.

As avaliações das seguintes características relacionadas com a folha: comprimento, largura, tipo de borda, grau de embolhamento, cor e presença de brilho, foram realizadas em duas folhas opostas da parte mediana da planta. As características tipo de borda, grau de embolhamento, cor e presença de brilho na folha foram realizadas por análises sensoriais em condições controladas de iluminação com escalas ordinal descritiva adaptadas (MAPA 2001, Krítková *et al.* 2008).

Com o colorímetro Konica Minolta BC-10 foi realizada análise colorimétrica na folha para determinação das coordenadas  $L^*$ , do preto (0) ao branco (100);  $a^*$ , do verde (-128) ao vermelho (+128); e  $b^*$ , do azul (-128) ao amarelo (+128). Posteriormente foi calculada a intensidade da cor,  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  e a tonalidade cromática,  $H^* = \arctg(b^*/a^*)$  (Caillé *et al.* 2010).



**Figura 4.** Escala ordinal descritiva da característica borda da folha (BF) em alface. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016.



**Figura 5.** Escala ordinal descritiva da característica embolhamento na folha (EF) em alface. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016.

## 8. Análise estatística

No experimento 1 foi realizada análise descritiva dos resultados obtidos, por se tratar de avaliação de indivíduos isolados. Os dados dos experimentos de seleção para resistência à podridão mole (experimentos 2 e 4), para tolerância ao pendoamento precoce (experimento 3) e para características morfoagronômicas (experimento 5) foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR versão 5.6.

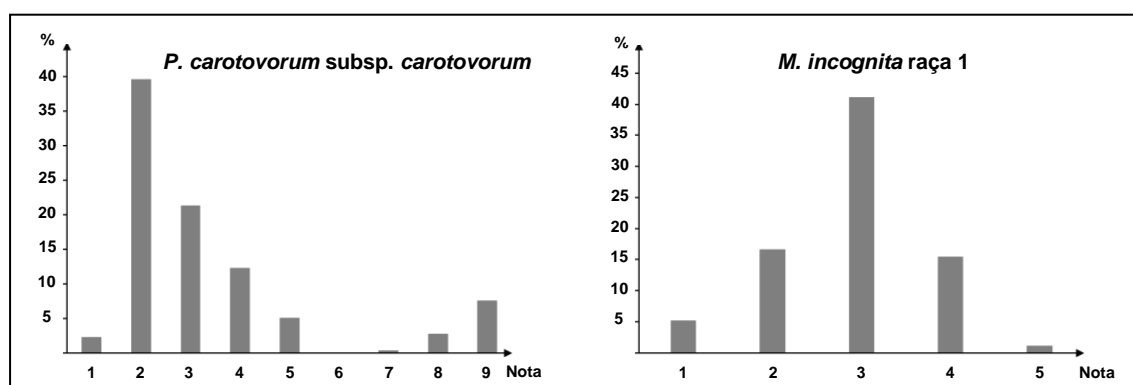
Na seleção para características morfoagronômicas, experimento 5, foram realizadas as correlações entre as características quantitativas e estimado os ganhos genéticos pelo índice de seleção genótipo-ideótipo. Este índice consiste em ordenar as progênies com base na distância entre cada genótipo e um ideótipo, através da atribuição de valores absolutos para as características avaliadas no sentido favorável ao trabalho de melhoramento da cultura (Cruz *et al.* 2004).

Assim, foram atribuídos os valores absolutos para as características quantitativas e qualitativas, avaliadas pela análise sensorial, considerando a importância econômica de cada característica para a cultura da alface. A ordem de importância e os referidos valores considerados foram: massa fresca da planta (3), número de folhas (3), massa fresca das folhas (3), diâmetro da planta (3), altura da planta (3), comprimento da folha (2), largura da folha (2), borda da folha (2), embolhamento na folha (2) e cor da folha (1). Essas análises foram processadas no programa estatístico GENES (Cruz 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 608 progênies  $F_2$  de alface avaliadas no experimento 1, 54,77% foram selecionadas por apresentar resistência ou moderada resistência para podridão mole e pré-selecionadas para meloidoginose através da avaliação das galhas no sistema radicular visíveis no torrão, com máximo de nota 3 (Figura 6). Observou-se que 50% das progênies selecionadas obtiveram nota até 2, sendo resistentes à podridão mole e com possibilidade de apresentar resistência à meloidoginose.

Durante a condução das plantas  $F_2$  de alfaces selecionadas para produção de sementes, 308 plantas selecionadas (92,5%) senesceram devido ao desenvolvimento das doenças inoculadas e da ocorrência de cercosporiose. Com isso, foram obtidas sementes  $F_{2:3}$  viáveis de 16 plantas  $F_2$ , sendo observado durante o pendoamento que 25% delas apresentaram coloração roxa no caule, o que caracteriza o desenvolvimento dos sintomas da podridão mole.



**Figura 6.** Distribuição das progênies  $F_2$  de alface avaliadas para *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* e *Meloidogyne incognita* raça 1. Recife, UFRPE, 2014.

A análise de variância realizada com os dados das seleções para podridão mole e para tolerância ao pendoamento precoce nas progênies  $F_{2:3}$  e para podridão mole e características morfoagronômicas em progênies  $F_{2:4}$  evidenciou diferenças significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Contudo, as características largura e brilho da folha em progênies  $F_{2:4}$  não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Os experimentos apresentaram boa precisão com coeficientes de variação ambiental entre 3,3% e 22,8%.

No experimento 2, as médias de severidade das progênies  $F_{2:3}$  foram dispostas em dois tipos quanto a resistência à podridão mole, e as progênies 023; 075; 172; 202; 568 e 610 não diferiram estatisticamente da testemunha resistente, 'Vitória de Santo Antão' (Tabela 2). Entre as plantas resistentes, as progênies 172 e 610 apresentaram menores médias na nota de severidade, o que indica maior possibilidade de conter o gene de resistência à doença.

Na seleção para tolerância ao pendoamento precoce nas progênies  $F_{2:3}$ , experimento 3, as médias variaram de 74,03 a 92,28 dias para a primeira antese. A progênie 202 foi altamente tolerante pendoamento precoce diferindo dos outros tratamentos e apresentando um desempenho transgressivo para este caráter. As demais progênies avaliadas não diferiram estatisticamente da cultivar Grand Rapids, considerada não tolerante ao pendoamento precoce (Tabela 3).

A alface é colhida comercialmente na fase vegetativa, contudo quando cultivada em regiões com temperatura acima de 25°C é induzida ao pendoamento caracterizado pelo alongamento do caule e aumento da produção de látex, promovendo sabor amargo nas folhas. Para evitar perdas na produção, os produtores realizam a colheita precocemente, ou seja, as plantas ainda pequenas e com poucas folhas. Assim, materiais genéticos que apresentem o pendoamento tardio, favorece o manejo da cultura para obtenção de plantas com maior qualidade comercial.

**Tabela 2.** Valores médios de nota de reação à podridão mole em progênies  $F_{2:3}$  de alface. Recife, UFRPE, 2015

Tratamento	Severidade (média)
023	3,02 b
075	3,17 b
154	3,71 a
172	2,84 b
202	3,20 b
327	3,42 a

568	3,29 b
575	3,43 a
587	3,43 a
610	2,77 b
Beta	3,98 a
'Vitória de Santo Antão'	2,94 b
'Tainá'	3,69 a
'Grand Rapids'	3,58 a
'Regina 71'	3,80 a
<b>Coeficiente de variação (%)</b>	<b>12,49</b>

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Valores médios, em dias, da semeadura até a primeira antese das progênies  $F_{2:3}$  de alface avaliadas para tolerância ao pendoamento precoce. Recife, UFRPE, 2015

<b>Tratamento</b>	<b>Quant. de dias (média)</b>
023	79,01 c
172	79,34 c
202	92,28 a
327	79,12 c
568	81,45 c
587	83,01 c
'Grand Rapids'	74,03 c
'Regina 71'	86,44 b
'Vitória de Santo Antão'	76,13 c
Beta	86,32 b
<b>Coeficiente de variação (%)</b>	<b>4,00</b>

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No experimento 4 houve pequena variação entre as médias nas notas de severidade da podridão mole nas progênies  $F_{2:4}$ . Isto devido ao aumento gradativo de progênies em homozigose para a resistência a esta doença, com as sucessivas seleções (Ramalho *et al.* 2008). Ainda assim, foi possível identificar 27 progênies avaliadas que não diferiram da 'Vitória de Santo Antão', testemunha resistente à podridão mole, com médias variando de 2,12 a 2,83, em que a progênie 023-27 obteve a menor média (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios de nota de reação à podridão mole em progênies F<sub>2,4</sub> de alface. Recife, UFRPE, 2016

Tratamento	Severidade (média)	Tratamento	Severidade (média)	Tratamento	Severidade (média)
023-02	3,04 a	172-46	2,81 b	568-33	2,61 b
023-07	2,59 b	202-11	2,50 b	568-35	3,12 a
023-11	2,56 b	202-15	2,69 b	568-36	2,81 b
023-13	2,78 b	202-30	2,94 a	568-37	2,75 b
023-26	2,50 b	202-35	2,82 b	568-38	2,94 a
023-27	2,12 b	202-37	3,12 a	568-39	3,31 a
023-30	2,59 b	202-39	2,78 b	568-41	2,91 a
023-35	3,03 a	202-40	2,87 a	568-43	2,95 a
023-42	3,03 a	202-42	3,09 a	568-44	2,78 b
075-01	2,87 a	202-43	2,87 a	610-01	2,97 a
075-03	2,75 b	202-44	2,75 b	610-02	2,86 a
075-05	2,74 b	202-45	3,12 a	610-03	3,29 a
172-04	2,56 b	202-46	2,47 b	Beta	3,29 a
172-08	2,97 a	568-04	2,69 b	‘Vitória de	
172-12	2,28 b	568-05	2,94 a	Santo Antônio’	2,36 b
172-27	2,58 b	568-11	3,12 a	‘Tainá’	3,03 a
172-32	2,81 b	568-18	2,62 b	‘Grand Rapids’	3,29 a
172-34	2,78 b	568-27	2,83 b	‘Regina 71’	3,03 a
172-35	3,03 a	568-29	3,19 a		
<b>Coefficiente de variação (%)</b>			<b>13,80</b>		

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No experimento 5, o número de folhas variou de 17 folhas na linhagem Beta a 36 folhas na progênie 172-12 e o grau de embolhamento na folha variou de folhas sem embolhamento (1,2) na testemunha ‘Regina 71’ a folhas com médio grau de embolhamento (6,8) na progênie 568-11. Sendo os tratamentos separados em cinco tipos quanto ao embolhamento na folha e quatro tipos quanto ao número de folhas (Tabela 5).

Zárate *et al.* (2010) consideraram a alface comercial com diâmetro da planta superior a 20cm, classificação na qual encontram-se todas as progênies avaliadas. Assim, constatou-se que treze progênies (023-07; 023-13; 023-26; 023-42; 075-01; 172-04; 172-08; 172-12; 172-27; 172-34; 202-11; 202-42 e 202-45) obtiveram média do diâmetro da planta superior a cultivar Vitória de Santo Antão (29,3cm), destacando a progênie 202-11 com maior média (34,2cm). No estudo com a linhagem Beta (parental masculino), o diâmetro da planta foi em média de 28,47cm, não diferindo da cultivar Regina 71, sua parental (Oliveira 2015).

A altura da planta variou entre 22,4cm (progênie 610-03) e 31,5cm (progênie 568-44) e as alfaces obtiveram massa fresca da planta entre 103,1g (progênie 023-42) e 216,0g (progênie 172-08). Nessas duas características nenhuma progênie superou a média das testemunhas, sendo a 'Grand Rapids' com maior altura (32,2cm) e a 'Regina 71' com maior com massa fresca da planta (220,4g).

O número de folhas na planta é uma importante característica na produção da alface por ser a parte consumível da planta, assim o maior número de folhas bem desenvolvidas aumenta a produção comercial. As testemunhas 'Regina 71' (36 folhas) e 'Vitória de Santo Antão' (31 folhas), juntamente com seis progênies, 023-13; 172-08; 172-12; 172-34; 172-35; 610-02, obtiveram maior número de folhas não diferindo entre si. Entre essas progênies, a 172-12 obteve maior número médio de folhas, com quantidade igual a cultivar Regina 71. Essa característica apresentou grande variabilidade entre as progênies  $F_{2:4}$  avaliadas.

As cultivares Regina 71 e Vitória de Santo Antão, com borda da folha lisa, diferiram de 'Grand Rapids', com ondulação média na borda, e de Beta, com ondulação entre média e forte. Entre as progênies avaliadas, 56% apresentaram ondulação da borda muito fraca a fraca, os quais foram considerados como tipo de borda lisa.

Na cultivar Regina 71 foi observado embolhamento muito fraco na folha, não diferindo em 28% dos tratamentos avaliados (023-02; 023-07; 023-35; 172-12; 172-32; 202-11; 202-15; 202-30; 202-37; 202-39; 202-40; 202-42; 202-43; 202-44; 202-46) que obtiveram embolhamento muito fraco a fraco. Em 10% dos tratamentos observou média semelhante às cultivares Grand Rapids e Vitória de Santo Antão, com médio a forte embolhamento na folha, provavelmente devido à linhagem Beta ser proveniente do cruzamento entre as cultivares Regina 71 e Grand Rapids.

A progênie 202-11 apresentou características de interesse para o programa de melhoramento de alface, tendo obtido as maiores médias para diâmetro e massa fresca da planta, número de folhas, comprimento e largura da folha e apresentado cor verde com nuances de amarelo claro, fraco grau de ondulação na borda e muito fraca ocorrência de embolhamento no limbo das folhas. Dentre as características avaliadas, apenas a altura da planta (média de 29,5cm, considerada elevada), foi observada como característica negativa, indicando possível pendoamento.

Outras progênies visualmente atrativas para comercialização foram: 023-13 – com valores elevados de diâmetro e massa fresca da planta e número de folhas na planta; 172-08 e 172-12 – com elevada massa fresca da planta, massa fresca das

folhas e número de folhas na planta; e 023-02 e 202-11 – elevada massa fresca da planta e das folhas e médias de comprimento e largura da folha.

Atualmente o mercado da alface é muito abrangente com alguns nichos de mercado para plantas de alface com tamanhos menores. Assim, materiais genéticos com essas características podem ser utilizados em futuros trabalhos de melhoramento com este enfoque. Dentre as progênies avaliadas, a 568-11 apresentou menores médias de diâmetro, altura e massa fresca da planta, número de folhas, comprimento e largura da folha, cor verde e forte ocorrência de embolhamento no limbo das folhas.

Em relação a cor da folha, as progênies foram separadas em dois tipos: 48% apresentaram folhas verdes com nuance amarelo claro, semelhante a cultivar Vitória de Santo Antão, e 52% das progênies tiveram folhas verde claro a verde, no qual estão inclusas as outras três testemunhas.

A cor é um atributo fundamental na escolha de um produto, contudo é uma característica de interpretação subjetiva que envolve percepções conjunta de brilho, intensidade e luminosidade (Lima *et al.* 2007). Assim, com avaliação dos parâmetros colorimétricos (Tabela 5) foi possível observar outros atributos que contribuem positivamente para a comercialização, como a intensidade da cor e a tonalidade de folhas da parte mediana da alface. Observando as coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  e  $L^*$ , as plantas das progênies avaliadas foram consideradas de cor verde claro com nuances amarelos, havendo diferenças significativas entre elas.

Constatou-se que as testemunhas 'Regina 71' ( $L^*=59,90$ ) e linhagem Beta ( $L^*=60,40$ ) possuem cores mais claras que as outras testemunhas e os tratamentos, pois diferiram entre si. A progênie 202-11, que apresentou características morfoagronômicas satisfatórias, obteve baixo valor de verde ( $a^*=-14,56$ ) e de tonalidade cromática ( $H^*=1,20$ ) e alto valor de amarelo ( $b^*=37,81$ ), luminosidade ( $L^*=57,10$ ) e de intensidade da cor ( $C^*=40,52$ ), caracterizando cor verde claro com nuances amarelas e pouco intensa.



**Tabela 5.** Valores médios das características morfoagronômicas avaliadas em progênies F<sub>2:4</sub> de alface. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016

Tratamento	DP (cm)	AP (cm)	MP (g)	NF	MF (g)	CF (cm)	LF (cm)	BF	EF	CorF	BrF	L*	a*	b*
023-02	28,9 a	29,3 a	176,6 a	28,0 b	150,1 a	26,2 a	14,0 a	4,1 a	2,8 d	3,1 a	2,0 a	51,4 c	-14,1 a	32,7 b
023-07	30,4 a	29,1 a	163,7 b	25,1 c	133,5 b	26,1 a	13,4 a	4,2 a	3,2 d	3,0 b	1,7 a	51,9 c	-14,2 b	34,2 b
023-11	28,2 b	30,9 a	146,1 b	25,1 c	112,0 b	25,6 a	12,2 a	4,2 a	3,7 c	3,3 a	1,7 a	50,2 d	-14,6 b	31,2 b
023-13	33,8 a	31,0 a	169,3 b	32,1 a	130,2 b	24,7 a	11,5 a	4,6 a	3,3 c	3,4 a	2,0 a	50,8 c	-14,3 b	31,5 b
023-26	33,1 a	28,1 a	163,3 b	25,3 c	125,5 b	27,0 a	12,7 a	4,3 a	4,4 b	3,0 b	1,7 a	50,8 c	-14,2 b	32,2 b
023-27	27,4 b	27,2 a	132,2 b	21,7 d	108,9 b	23,7 b	14,4 a	5,4 a	4,1 c	3,1 a	2,0 a	50,5 c	-14,4 b	31,4 b
023-30	29,2 a	29,9 a	122,8 b	23,1 d	105,8 b	24,9 a	12,9 a	3,9 b	3,4 c	3,4 a	2,0 a	48,6 d	-13,9 a	30,8 b
023-35	29,1 a	28,2 a	165,1 b	30,6 b	132,8 b	24,6 a	11,3 a	2,9 b	3,0 d	2,6 b	1,9 a	51,5 c	-14,2 b	31,8 b
023-42	30,4 a	25,7 b	103,1 b	26,7 c	91,1 b	26,0 a	11,5 a	4,9 a	3,6 c	2,8 b	1,7 a	51,7 c	-14,0 a	32,9 b
075-01	29,4 a	28,2 a	167,8 b	29,1 b	124,5 b	23,4 b	12,7 a	4,1 a	5,0 b	3,3 a	1,7 a	49,7 d	-13,6 a	32,2 b
075-03	25,1 b	28,4 a	152,5 b	26,9 c	121,0 b	22,5 b	12,0 a	3,8 b	5,3 b	3,2 a	2,0 a	53,8 b	-14,2 b	35,0 a
075-05	26,6 b	23,9 b	157,0 b	28,7 b	128,7 b	21,1 c	11,7 a	3,7 b	4,9 b	2,9 b	2,0 a	53,9 b	-14,5 b	37,6 a
172-04	33,5 a	24,7 b	153,8 b	28,2 b	126,6 b	23,5 b	13,3 a	4,5 a	4,3 c	2,7 b	1,7 a	55,5 b	-14,9 b	38,1 a
172-08	32,1 a	28,2 a	216,0 a	34,6 a	172,8 a	22,8 b	11,8 a	3,4 b	5,7 a	3,7 a	2,0 a	50,4 c	-13,7 a	30,7 b
172-12	30,1 a	27,7 a	194,9 a	36,8 a	156,5 a	26,7 a	11,6 a	3,7 b	2,8 d	2,8 b	2,0 a	51,6 c	-14,1 b	32,7 b
172-27	32,8 a	27,5 a	149,6 b	28,4 b	120,2 b	25,2 a	11,8 a	4,2 a	3,6 c	3,0 b	2,0 a	51,7 c	-14,1 a	32,5 b
172-32	29,2 a	25,7 b	138,4 b	28,1 b	117,9 b	23,1 b	11,8 a	3,1 b	3,2 d	2,6 b	1,7 a	54,8 b	-14,8 b	38,6 a
172-34	31,6 a	28,8 a	208,6 a	32,9 a	167,9 a	23,7 b	12,7 a	4,7 a	5,1 b	3,6 a	1,7 a	49,2 d	-13,4 a	29,7 b
172-35	26,1 b	24,8 b	150,9 b	32,4 a	126,0 b	21,6 c	11,8 a	4,1 a	4,0 c	2,9 b	2,0 a	55,5 b	-14,6 b	37,5 a
172-46	28,5 a	25,7 b	164,8 b	26,1 c	122,7 b	21,2 c	11,7 a	3,2 b	5,2 b	3,9 a	1,7 a	47,9 d	-13,3 a	27,9 b
202-11	34,2 a	29,5 a	190,8 a	26,9 c	152,3 a	26,8 a	14,0 a	3,6 b	2,4 d	2,2 b	2,0 a	57,1 b	-14,6 b	37,8 a
202-15	26,9 b	24,7 b	170,1 b	24,1 c	144,1 a	22,5 b	13,1 a	4,1 a	2,9 d	2,7 b	2,0 a	55,9 b	-14,3 b	38,2 a
202-30	28,2 b	27,3 a	185,8 a	30,7 b	160,3 a	23,4 b	11,2 a	3,2 b	2,8 d	2,4 b	2,0 a	55,6 b	-14,2 b	36,9 a
202-35	26,2 b	25,4 b	190,9 a	24,8 c	163,6 a	22,5 b	12,5 a	4,5 a	4,2 c	3,2 a	1,7 a	54,3 b	-14,2 b	36,8 a
202-37	26,6 b	26,2 b	194,4 a	23,6 c	166,8 a	24,2 b	12,9 a	3,0 b	2,7 d	2,6 b	2,0 a	53,5 b	-14,5 b	36,6 a
202-39	25,4 b	26,4 b	159,5 b	26,3 c	130,0 b	24,6 a	12,7 a	3,5 b	2,8 d	2,7 b	1,7 a	56,0 b	-14,8 b	38,2 a
202-40	25,9 b	23,4 b	191,3 a	21,7 d	163,4 a	21,4 c	11,6 a	3,2 b	2,9 d	2,6 b	1,7 a	54,6 b	-14,3 b	38,2 a
202-42	29,7 a	28,1 a	203,9 a	26,2 c	170,3 a	24,8 a	12,9 a	4,2 a	2,8 d	2,9 b	2,0 a	53,8 b	-14,3 b	35,3 a
202-43	26,7 b	28,4 a	190,9 a	29,8 b	158,9 a	24,4 a	12,1 a	3,9 b	2,6 d	2,4 b	1,7 a	55,4 b	-15,0 b	37,8 a

202-44	24,9 b	26,6 b	182,3 a	25,2 c	155,0 a	22,8 b	11,7 a	3,7 b	2,7 d	2,5 b	2,0 a	54,0 b	-13,8 a	35,6 a
202-45	30,9 a	24,4 b	172,7 b	22,1 d	145,8 a	21,7 c	12,3 a	4,8 a	3,9 c	3,1 a	2,0 a	54,4 b	-14,7 b	37,8 a
202-46	25,1 b	25,6 b	181,2 a	25,1 c	147,9 a	22,7 b	12,5 a	3,4 b	3,1 d	2,5 b	2,0 a	55,6 b	-14,3 b	37,7 a
568-04	27,0 b	22,6 b	140,5 b	22,8 d	112,8 b	19,4 c	11,5 a	3,8 b	4,2 c	3,2 a	2,0 a	51,6 c	-13,7 a	32,3 b
568-05	28,8 a	26,6 b	148,9 b	28,9 b	125,3 b	23,8 b	12,4 a	3,6 b	3,4 c	2,8 b	1,7 a	54,9 b	-14,5 b	37,4 a
568-11	23,8 b	23,8 b	130,5 b	18,3 e	102,7 b	17,8 c	13,0 a	4,3 a	6,8 a	3,9 a	2,0 a	49,7 d	-13,8 a	30,9 b
568-18	24,4 b	25,2 b	145,3 b	25,6 c	120,5 b	23,1 b	12,0 a	3,7 b	3,3 c	2,5 b	1,7 a	54,0 b	-14,4 b	37,8 a
568-27	29,2 a	24,6 b	133,7 b	25,9 c	111,0 b	21,8 c	11,2 a	3,1 b	4,1 c	2,5 b	2,0 a	56,0 b	-15,0 b	39,2 a
568-29	26,1 b	23,2 b	159,4 b	22,5 d	127,8 b	19,6 c	13,3 a	3,5 b	6,1 a	3,7 a	2,0 a	48,8 d	-13,6 a	30,8 b
568-33	26,9 b	27,3 a	152,0 b	25,3 c	116,2 b	23,2 b	12,7 a	3,7 b	3,4 c	2,5 b	1,7 a	53,7 b	-14,0 a	35,3 a
568-35	25,6 b	30,2 a	140,8 b	25,4 c	101,5 b	20,6 c	12,2 a	3,4 b	4,6 b	3,2 a	2,0 a	52,7 c	-14,3 b	35,0 a
568-36	26,7 b	25,2 b	150,5 b	23,1 d	114,7 b	20,3 c	12,7 a	3,5 b	5,7 a	3,8 a	2,0 a	48,7 d	-13,5 a	29,0 b
568-37	25,7 b	28,9 a	141,3 b	24,6 c	104,6 b	22,5 b	12,1 a	3,5 b	3,8 c	3,2 a	1,7 a	51,7 c	-13,7 a	33,2 b
568-38	26,5 b	23,6 b	143,8 b	21,4 d	114,5 b	21,5 c	13,5 a	4,1 a	5,1 b	2,9 b	2,0 a	55,4 b	-14,2 b	37,5 a
568-39	25,6 b	25,8 b	171,7 b	25,9 c	121,3 b	19,1 c	12,3 a	3,5 b	5,5 a	3,4 a	2,0 a	50,0 d	-13,7 a	31,8 b
568-41	25,8 b	27,4 a	167,9 b	26,0 c	139,2 a	22,6 b	12,5 a	3,2 b	3,6 c	3,4 a	1,7 a	51,6 c	-13,6 a	32,2 b
568-43	25,9 b	26,5 b	199,9 a	24,9 c	151,4 a	20,7 c	13,1 a	4,8 a	4,0 c	2,9 b	2,0 a	53,8 b	-14,2 b	36,5 a
568-44	26,2 b	31,5 a	178,9 a	27,4 c	129,2 b	19,7 c	12,2 a	4,3 a	5,4 b	3,4 a	1,5 a	51,2 c	-13,8 a	31,4 b
610-01	27,2 b	22,7 b	149,7 b	25,8 c	114,7 b	19,7 c	11,8 a	3,0 b	5,0 b	3,2 a	2,0 a	49,6 d	-13,5 a	31,2 b
610-02	27,7 b	22,9 b	159,8 b	32,1 a	122,1 b	19,7 c	12,3 a	5,2 a	5,4 b	3,4 a	2,0 a	50,6 c	-14,1 a	32,3 b
610-03	26,2 b	22,4 b	168,9 b	25,8 c	137,6 a	20,0 c	13,4 a	3,7 b	4,8 b	3,6 a	2,0 a	50,0 d	-13,7 a	30,9 b
'Grand Rapids'	28,0 b	32,2 a	164,2 b	17,9 e	96,5 b	19,7 c	13,2 a	5,1 a	5,9 a	2,9 b	1,7 a	55,3 b	-14,9 b	38,6 a
'Regina 71'	28,7 a	24,7 b	220,4 a	36,2 a	172,2 a	20,0 c	10,7 a	1,1 b	1,2 d	1,8 b	1,5 a	59,9 a	-13,9 a	37,6 a
'Vitória de Santo Antão'	29,3 a	28,6 a	195,6 a	31,7 a	147,9 a	22,4 b	12,3 a	2,9 b	5,9 a	3,7 a	1,7 a	49,5 d	-13,9 a	31,3 b
Beta	26,9 b	25,0 b	156,5 b	17,9 e	122,7 b	20,5 c	13,7 a	6,0 a	4,7 b	2,8 b	2,0 a	60,4 a	-13,6 a	41,2 a
<b>Coefficiente de variação (%)</b>	<b>12,9</b>	<b>11,2</b>	<b>16,6</b>	<b>12,9</b>	<b>15,7</b>	<b>7,8</b>	<b>21,9</b>	<b>22,8</b>	<b>20,0</b>	<b>17,3</b>	<b>16,2</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>7,3</b>

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

DP – diâmetro da planta; AP – altura da planta; MP – massa fresca da planta; NF – número de folhas; MF – massa fresca das folhas; CF – comprimento da folha; LF – largura da folha; BF – borda da folha; EF – embolhamento na folha; CorF – cor da folha; BrF – brilho da folha; L\* – coordenada L\* no sistema CIELAB; a\* – coordenada a\* no sistema CIELAB; b\* – coordenada b\* no sistema CIELAB.

Entre as características morfoagronômicas quantitativas avaliadas, houve correlação genotípica negativa da largura da folha com o número de folhas (-0,90) a 1% de probabilidade e com a massa fresca da planta (-0,59) a 5% de probabilidade (Tabela 6). As duas características número de folhas e massa fresca da planta são de grande importância para a produção de alface e apresentaram correlação moderada positiva (0,40).

De modo geral, a alface é mais atrativa comercialmente quando são plantas maiores e mais pesadas com grande número de folhas. Neste sentido, o diâmetro da planta obteve correlação genotípica positiva (0,83) com o comprimento da folha e moderada positiva (0,46) com o número de folhas. Ademais, a massa fresca da planta teve correlação positiva (0,93) com a massa fresca da folha, resultado semelhante ao estudo realizado com 13 progênies  $F_7$  do cruzamento [(Regina x Tinto) x Verdinha] em Vitória de Santo Antão – PE, no qual foi constatada correlação genotípica positiva ( $p > 0,01$ ) entre a massa fresca da planta e a massa fresca das folhas (Souza *et al.* 2008).

A estimativa de herdabilidade foi relativamente alta para a maioria das características morfoagronômicas avaliadas, com valor acima de 70% para número de folhas, massa fresca das folhas, embolhamento na folha e comprimento das folhas (Tabela 7). Assim, o ambiente pouco interferiu na expressão dessas características, aumentando a possibilidade de ganhos genéticos com a seleção. Na avaliação de progênies de alface por Souza *et al.* (2008) e de cultivares de alface por Azevedo *et al.* (2014), foram obtidos resultados similares da estimativa de herdabilidade para número de folhas (83,99 e 96,77), massa fresca da planta (78,79 e 85,37) e massa fresca das folhas (64,85 e 81,54).

A maioria das características avaliadas, principalmente aquelas diretamente relacionadas com a produção, obtiveram os melhores ganhos genéticos: embolhamento da folha (-24,94%), massa fresca das folhas (17,62%), massa fresca da planta (13,44%), número de folhas (12,09%) e borda da folha (10,46%). Com isto, a análise do índice de seleção genótipo-ideótipo, com 10% de intensidade de seleção, ordenou as progênies avaliadas e indicou a seleção das seguintes progênies  $F_{2,4}$  de alface: 172-12; 202-11; 172-08; 202-42; 023-02; 202-37 e 202-30.

**Tabela 6.** Coeficientes de correlação fenotípica ( $r_f$ ), genotípica ( $r_g$ ) e ambiental ( $r_a$ ) entre as características morfoagronômicas avaliadas nas progênies F<sub>2:4</sub> de alface. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016

Característica <sup>(1)</sup>		AP	MP	NF	MF	CF	LF
DP	$r_f$	0,33*	0,15	0,40**	0,15	0,59** <sup>+</sup>	-0,11
	$r_g$	0,43	0,11	0,46	0,15	0,83	-0,31
	$r_a$	0,20	0,23 <sup>+</sup>	0,36 <sup>++</sup>	0,17	0,18 <sup>+</sup>	-0,02
AP	$r_f$		0,15	0,17	0,00	0,47**	0,17
	$r_g$		0,00	0,06	-0,14	0,57	0,55
	$r_a$		0,44 <sup>++</sup>	0,48 <sup>++</sup>	0,32 <sup>++</sup>	0,25 <sup>++</sup>	-0,03
MP	$r_f$			0,44**	0,92 <sup>+</sup>	0,08	-0,15
	$r_g$			0,40	0,93	0,06	-0,59 <sup>+</sup>
	$r_a$			0,58 <sup>++</sup>	0,92 <sup>++</sup>	0,16 <sup>++</sup>	0,11
NF	$r_f$				0,44**	0,32	-0,32*
	$r_g$				0,42	0,34	-0,90 <sup>++</sup>
	$r_a$				0,54 <sup>++</sup>	0,19 <sup>+</sup>	0,07 <sup>+</sup>
MF	$r_f$					0,23	-0,20
	$r_g$					0,24	-0,65
	$r_a$					0,23 <sup>++</sup>	0,09
CF	$r_f$						-0,07
	$r_g$						0,10
	$r_a$						-0,31

<sup>(1)</sup>DP – diâmetro da planta; AP – altura da planta; MP – massa fresca da planta; NF – número de folhas; MF – massa fresca das folhas; CF – comprimento das folhas; LF – largura das folhas. \*\*, \* : Significativo a 1 e 5%, pelo teste t, respectivamente. \*\*, + : Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo método de bootstrap com 5000 simulações.

**Tabela 7.** Estimativa dos ganhos de seleção quanto às características avaliadas em 50 progênies e quatro testemunhas de alface, tendo-se utilizado o índice de seleção genótipo-ideótipo. Vitória de Santo Antão, IPA, 2016

Característica	X <sub>0</sub> <sup>(1)</sup>	X <sub>S</sub> <sup>(2)</sup>	h <sup>2</sup> (%) <sup>(3)</sup>	GS <sup>(4)</sup>	GS <sup>(4)</sup> (%)
Diâmetro da planta (cm)	28,05	29,80	50,17	0,88	3,15
Altura da planta (cm)	26,67	27,63	62,83	0,60	2,26
Massa da planta (g)	165,39	197,85	68,45	22,22	13,44
Número de folhas	26,52	30,39	82,90	3,21	12,09
Massa das folhas (g)	132,22	162,69	76,45	23,30	17,62
Comprimento da folha (cm)	22,62	24,37	85,13	1,49	6,58
Largura da folha (cm)	12,60	12,39	17,66	-0,04	-0,30
Borda da folha	3,87	3,27	68,08	-0,40	-10,46
Embolhamento da folha	4,05	2,90	88,16	-1,01	-24,94
Cor da folha	3,03	2,70	66,03	-0,22	-7,15
<b>Ganho total</b>	-	-	-	<b>50,03</b>	<b>12,29</b>

<sup>(1)</sup>X<sub>0</sub> – média original; <sup>(2)</sup>X<sub>S</sub> – média das progênies selecionadas; <sup>(3)</sup>h<sup>2</sup> – estimativa de herdabilidade; <sup>(4)</sup>GS – ganho de seleção.

## CONCLUSÕES

1. A progênie F<sub>2:3</sub> 202 é tolerante ao pendoamento precoce e apresentou desempenho transgressivo.

2. As seleções para resistência à podridão mole resultaram em 27 progênies F<sub>2:4</sub> resistentes (023-07; 023-11; 023-13; 023-26; 023-27; 023-30; 075-03; 075-05; 172-04; 172-12; 172-27; 172-32; 172-34; 172-46; 202-11; 202-15; 202-35; 202-39; 202-44; 202-46; 568-04; 568-18; 568-27; 568-33; 568-36; 568-37; e 568-44).

3. Através da análise das características morfoagronômicas desejáveis à comercialização, sete progênies F<sub>2:4</sub> (172-12; 202-11; 172-08; 202-42; 023-02; 202-37 e 202-30) são indicadas para continuidade do programa de melhoramento. Devendo-se considerar que a progênie 023-13 também apresentou características morfoagronômicas satisfatórias.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ao Instituto de Pesquisa Agropecuário (IPA), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

Alvarado I del CM, Michereff SJ, Mariano RLR, Silva AMF e Nascimento CWA (2007) Caracterização de solos de Pernambuco quanto à supressividade a *Pectobacterium carotovorum* subsp *carotovorum*. **Fitopatologia Brasileira** 32: 222-228.

Azevedo AM, Andrade Júnior VC, Castro BMC, Oliveira, CM, Pedrosa CE, Dornas MFS e Valadares NR (2014) **Parâmetros genéticos e análise de trilha para o florescimento precoce e características agrônômicas da alface**. Pesquisa Agropecuária Brasileira 49: 118-124. DOI: 10.1590/s0100-204x2014000200006

Bonetti JIS e Ferraz S (1981) Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira** 6: 553.

Caillé S, Samson A, Wirth J, Diéval JB, Vidal S e Cheynier V (2010) Sensory characteristics change of red Grenache wines submitted to different oxygen exposures pre and post bottling. **Analytica Chimica Acta 660**: 35-42.

Carvalho C, Kist BB e Treichel M (2016) **Anuário brasileiro das hortaliças**. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, 64p.

Carvalho Filho JLS, Gomes LAA e Maluf WR (2009a) Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F<sub>4</sub> de alface do cruzamento Regina 71 x Salinas 88. **Acta Scientiarum Agronomy 31**: 37-42.

Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Biguzzi FA, Maluf WR e Ferreira S (2009b) F<sub>4</sub> families of crisp-leaf lettuce with tolerance to early bolting and homozygous for resistance to *Meloidogyne incognita* race 1. **Horticultura Brasileira 27**: 335-339.

Cruz CD (2006) **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV, Viçosa (MG), 382p.

Cruz CD, Regazzi AJ e Carneiro PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Volume 1. Editora UFV, Viçosa (MG), 480p.

Félix KC da S, Oliveira WJ de, Mariano R de LR e Souza EB de (2014) Lettuce genotype resistance to “soft rot” caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp *carotovorum*. **Scientia Agricola 71**: 287-291.

Filgueira FAR (2008) **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, 421p.

Hoagland DR e Arnon DI (1950) **The water culture method for growing plants without soil**. Berkeley, California Agricultural Experimental Station, 347p.

Hussey RS e Barker KR (1973) A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporte 57**:1025-1028.

Krístková E, Dolezalová I, Leveda A, Vinter V e Novotná A (2008) Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L) genetic resources. **Horticultural Science (Prague) 35**: 113-129.

Lima VLAG de, Mélo e de A e Guerra NB (2007) Correlação entre o teor de antocianinas e caracterização cromática de polpas de diferentes genótipos de aceroleira. **Brazilian Journal of Food Technology 10**: 51-55.

Lopes CA, Quezado-Duval AM e Reis A (2010) **Doenças da alface**. Editora Embrapa Hortaliças, Brasília, 68p.

Mansfield J, Genin S, Magori S, Citovsky V, Sriariyanum M, Ronald P, Dow M, Verdier V, Beer SV, Machado MA, Toth I, Salmond G e Foster GD (2012) Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology 13**: 614-629. (Review)

MAPA (2001) **Instruções para Execução dos Ensaio e Distinguidade Homogeneidade e Estabilidade de Cultivares de Alface (*Lactuca sativa* L.)**. Ministério da Agricultura Abastecimento e Pecuária. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/olericolas>>. Acesso em: 16/01/2016.

Mariano RLR, Silveira EB, Alvorado ICM e Silva AMF (2005) Bactérias fitopatogênicas pectinolíticas dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*. **Anais da Academia Pernambucana de Ciencia Agrônômica 2**: 121-153.

Mello MRF, Silveira EB, Viana IO, Guerra ML e Mariano RLR (2011) Uso de antibióticos e leveduras para controle da podridão-mole em couve-chinesa. **Horticultura Brasileira 29**: 78-83.

NEPA-UNICAMP (2011) **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Editora UNICAMP, Campinas, 161p.

Oliveira GHF, Santana SRA, Fonseca RCN, Lima LE, Gomes LAA e Carvalho Filho JLS (2015) *Meloidogyne incognita* resistant strains of leaf lettuce. **African Journal of Agricultural Research** **51**: 4660-4667. DOI: 10.5897/AJAR2015.9696

Ramalho MAP, Santos JB e Pinto CABP (2008) **Genética na agropecuária**. Editora UFLA, Lavras, 464p.

Ren J, Petzoldt R e Dickson MH (2001) Genetics and population improvement resistance to bacterial soft rot Chinese cabbage. **Euphytica** **117**: 197-207. DOI: 10.1023/A:1026541724001

Rodrigues C da S, Pinheiro JB, Suinaga FA, Pereira RB e Carvalho ADF de (2012) Seleção preliminar de cultivares de alface para resistência ao nematoide das galhas. **Horticultura brasileira** **30**: S2048-S2054.

Ryder, EJ (1986) Lettuce breeding. In Bassett MJ (ed) **Breeding Vegetables Crops**. AVI Publising Company, Westport, p. 433-474.

Sakata Seed Sudamericana (2015) Disponível em: <<http://www.sakata.com.br/>>. Acesso em: 14/03/2017.

Sala FC (2011) Melhoramento genético de alface. **Horticultura Brasileira** **29**: S5813-S5827.

Sala FC e Costa CP (2012) Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira** **30**: 188-194.

Scott AJ e Knott M (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* **30**: 507-512. DOI: 10.2307/2529204

Silva AMF, Mariano RLR, Michereff SJ, Silveira EB da e Medeiros FHV de (2007) Levantamento da intensidade da podridão-mole em alface e couve-chinesa em Pernambuco. **Caatinga** **20**: 84-93.



Silva RR, Gomes LAA, Monteiro AB, Maluf WR, Carvalho-Filho JLS e Massaroto JA (2008) Linhagens de alface-crespa para o verão resistentes ao *Meloidogyne javanica* e ao vírus mosaico-da-alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **43**: 1349-1356.

Souza M da CM de, Resende LV, Menezes D, Loges V, Souto TA e Santos VF dos (2008) Variabilidade genética para características agronômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. **Horticultura brasileira** **26**: 354-358.

Vries IM (1997) Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. **Genetic Resources and Crop Evolution** **44**: 165-174.

Wilcken SRS, Garcia MJ de M e Silva N da (2004) Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 2 em diferentes cultivares de alface (*Lactuca sativa* L). **Arquivos do Instituto Biológico** **71**: 379-381.

Zárate NAH, Vieira M do C, Helmich M, Heid DM e Menegati CT (2010) Produção agroeconômica de três variedades de alface: cultivo com e sem amontoa. **Revista Ciência Agronômica** **41**: 646-653.