

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

ALINE DE PAULA COSTA

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS PARA RESISTÊNCIA AOS
NEMATOIDES DAS GALHAS E CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS EM ALFACE**

PATOS DE MINAS – MG

MARÇO DE 2023

ALINE DE PAULA COSTA

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS PARA RESISTÊNCIA AOS
NEMATOIDES DAS GALHAS E CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS EM ALFACE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Biotecnologia
como requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes

PATOS DE MINAS – MG

MARÇO DE 2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C837 2023	<p>Costa, Aline de Paula, 1994- PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS PARA RESISTÊNCIA AOS NEMATÓIDES DAS GALHAS E CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS EM ALFACE [recurso eletrônico] / Aline de Paula Costa. - 2023.</p> <p>Orientador: Luiz Antônio Augusto Gomes. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Biotecnologia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.196 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Biotecnologia. I. Gomes, Luiz Antônio Augusto, 1955-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Biotecnologia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 60</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

ALINE DE PAULA COSTA

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS PARA RESISTÊNCIA AOS
NEMATOIDES DAS GALHAS E CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS EM ALFACE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Aprovado em 30 de março de 2023.

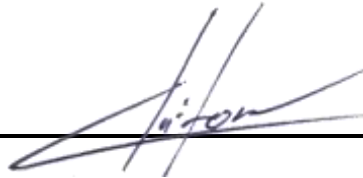
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes (Orientador)

Cibelle Vilela A. Fiorini

Profa. Dra. Cibelle Vilela Andrade Fiorini



Prof. Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira

Patos de Minas – MG

2023

Dedico essa dissertação à minha mãe e irmã, meus dois melhores exemplos de coragem e força, que sempre me apoiaram, guiaram e incentivaram durante esse trabalho e na vida cotidiana.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força e sempre guiar meus passos.

À Vânia, Yasmin, Nero e Barto pelo amor e compreensão.

Ao Prof. Dr. Luiz Antônio pela orientação, estímulo e atenção, determinante para que a pesquisa acontecesse.

Aos professores Dr. Cleiton e Dra. Cibelle pelas sugestões e disponibilidade para participar da banca.

À Universidade Federal de Uberlândia e aos meus professores durante o mestrado pelo conhecimento ao longo desses anos.

À FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Obrigado!

“Na vida, não existe nada a temer, mas a entender.

(Marie Curie)

RESUMO

A contínua elevação da temperatura, causada pelas mudanças climáticas, contribui para a ocorrência de florescimento precoce e incidência de patógenos, como os nematoides das galhas, em alface, mesmo com avanços obtidos por meio de programas de melhoramento genético. O uso de cultivares resistentes associado ao controle biológico como método de controle do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) se mostra eficiente e seguro, pois reduz a população do patógeno no solo, sem utilização de produtos químicos ou mesmo práticas culturais que oneram a produção. Associado a isto, plantas tolerantes ao florescimento precoce geram plantas com folhas de tamanho e peso ideal. Conhecer os aspectos genéticos envolvidos nas características de importância, que se buscam em um programa de melhoramento, são de grande importância para se estabelecer métodos adequados e garantir maior sucesso do programa. O objetivo neste trabalho foi estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para características de importância no melhoramento da alface para condições tropicais. Foram utilizados como genitores as cultivares Regina 71 (tipo lisa, suscetível aos nematoide das galhas e tolerante ao florescimento precoce) e Grand Rapids (tipo crespa, resistente ao nematoide das galhas e suscetível ao florescimento precoce). Plantas dos dois genitores e das gerações F₁ e F₂, oriundas do cruzamento foram avaliadas para as características de resistência ao nematoide das galhas, baseando-se em um critério de notas para incidência de galhas nas raízes (ING); tipo de borda (TBF) e limbo foliar (TLF) e tolerância ao florescimento precoce, considerando o número de dias para início do florescimento (NDF). Obtidos os resultados, foram estimados os seguintes parâmetros genéticos e fenotípicos para cada uma das características avaliadas: herdabilidade no sentido amplo, medida dos efeitos aditivos e de dominância, grau médio de dominância e ganhos por seleção. Concluiu-se que existe variabilidade genética para todas as características. Há também prevalência de efeitos aditivos para todas as características, com a ocorrência de baixa dominância; As características TBF e TLF mostraram alta herdabilidade no sentido amplo, (74%) e (77%), respectivamente; já para as características de ING e NDF, os valores foram inferiores, (43%) e (41%), respectivamente. Para a característica NDF, verificou-se ainda a ocorrência de segregação transgressiva. A predominância de efeitos aditivos, associados à valores de herdabilidade no sentido amplo de mediana a alta, e, ainda, a ocorrência de segregação transgressiva para a característica NDF, indica a possibilidade de sucesso na seleção de novos genótipos de alface tolerantes ao calor e com resistência ao *Meloidogyne* spp.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., *Meloidogyne* spp., índice de galhas, tipo de folha, resistência ao florescimento precoce.

ABSTRACT

The continuous rise in temperature, caused by climate change, contributes to the occurrence of early flowering and the incidence of pathogens, such as root-knot nematodes, in lettuce, even with advances obtained through genetic improvement programs. The use of resistant cultivars associated with biological control as a method of controlling the root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) is efficient and safe, as it reduces the pathogen population in the soil, without the use of chemical products or even cultural practices that burden production. Associated with this, plants tolerant to early flowering generate plants with leaves of ideal size and weight. Knowing the genetic aspects involved in the important traits, which are sought in a breeding program, are of great importance to establish adequate methods and guarantee greater success of the program. The objective of this work was to estimate genetic and phenotypic parameters for traits of importance in lettuce breeding for tropical conditions. The cultivars Regina 71 (smooth type, susceptible to root-knot nematodes and tolerant to early flowering) and Grand Rapids (curly type, resistant to root-knot nematodes and susceptible to early flowering) were used as parents. Plants from both parents and from the F1 and F2 generations, originating from the cross, were evaluated for characteristics of resistance to the root-knot nematode, based on a grade criterion for the incidence of galls on the roots (ING); edge type (TBF) and leaf blade (TLF) and tolerance to early flowering, considering the number of days to start flowering (NDF). Once the results were obtained, the following genetic and phenotypic parameters were estimated for each of the evaluated traits: heritability in the broad sense, measure of additive and dominance effects, average degree of dominance and gains by selection. It was concluded that there is genetic variability for all traits. There is also a prevalence of additive effects for all traits, with the occurrence of low dominance; The TBF and TLF traits showed high heritability in the broad sense, (74%) and (77%), respectively; for the characteristics of ING and NDF, the values were lower, (43%) and (41%), respectively. For the NDF characteristic, the occurrence of transgressive segregation was also verified. The predominance of additive effects, associated with heritability values in the broad sense from median to high, and also the occurrence of transgressive segregation for the NDF trait, indicates the possibility of success in the selection of new heat-tolerant lettuce genotypes with resistance to *Meloidogyne* spp.

Key-words: *Lactuca sativa* L, *Meloidogyne* spp gall index, leaf type, resistance to early flowering.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Principais características da alface para condições tropicais.....	14
2.1.1	Classificação Botânica e Morfológica.....	14
2.1.2	Classificação pelo tipo de folha.....	15
2.1.3	Florescimento em alface.....	18
2.2	Nematoides das galhas (<i>Meloidogyne</i> spp.).....	20
2.3	Parâmetros genéticos para avaliação da resistência em plantas de alface.....	25
3	ANEXO.....	28
4	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS	54
	ANEXO A-Diretrizes para Autores-Revista Tropical.....	59

1 INTRODUÇÃO

A alface é uma herbácea anual, pertencente à família Asteraceae, cujo nome científico é *Lactuca sativa* L. Tem origem na região do Mediterrâneo e é a folhosa mais consumida em todo o mundo, sendo a forma *in natura* a mais utilizada. No Brasil, a produção de mais de 1.317,6 toneladas distribui-se entre alface (43,7%), repolho (31,7%), couve (9,1%), agrião (7,6%), espinafre (3,1%), rúcula (2,0%) e outras (2,1%). (CARVALHO et al, 2005; SALA; NASCIMENTO, 2014; CAMPOS & NEGÓCIOS, 2022).

A alface possui uma diversidade de tipos varietais no mercado, a depender do formato da folha, do tamanho, arquitetura e coloração das plantas. Os seis principais tipos varietais de alface disponíveis no mercado brasileiro são: crespa, americana, lisa, romana, mimosa e vermelha (SALA; COSTA, 2012). No Brasil, o tipo de alface mais consumida, segundo a Embrapa (2019), são as variedades de folhas crespas e coloração verde-clara.

Para a alface do tipo crespa tem ocorrido muitos avanços ao longo dos anos por meio de programas de melhoramento genético, porém as elevações de temperatura nas regiões causadas pelas mudanças climáticas é um grande desafio para a cultura, pois favorece a ocorrência de florescimento precoce e incidência de patógenos como os nematoides das galhas (EMBRAPA, 2019).

De origem de regiões de clima temperado, a alface se desenvolve bem em climas amenos, principalmente durante o período de crescimento vegetativo (HENZ; SUINAGA, 2009). A ocorrência de temperaturas acima de 22 °C associadas a dias longos aceleram o desenvolvimento vegetativo e antecipam a fase reprodutiva, causando nas cultivares de clima ameno a indução do florescimento. Isto leva à redução do tamanho das plantas e ao acúmulo de látex nas folhas, tornando as mesmas amargas, rígidas e inadequadas para o consumo (FILGUEIRA, 2000; GHINI et al., 2011).

Os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) são endoparasitos sedentários que atingem o sistema radicular das plantas causando deformações em suas raízes. Os danos causados nas plantas podem consistir em vários graus de atrofiamento, falta de vigor e murcha sob estresse de umidade. A explicação comum para esses sintomas na parte aérea da planta é que a infecção por *Meloidogyne* spp. afeta a absorção de água e nutrientes e a translocação ascendente pelo sistema radicular. Ao interromper a fisiologia da planta hospedeira, os nematoides das galhas reduzem o rendimento da cultura e a qualidade do produto, portanto, são de grande importância econômica e social (SASSER; CARTER, 1985).

Segundo dados da Sociedade Brasileira de Nematologia estima-se que as perdas por nematoides na agricultura brasileira são em torno de R\$ 52 bilhões (aproximadamente USD 10 bilhões), e globalmente de US\$125 bilhões (MACHADO, 2015; CHITWOOD, 2003). Isso faz com que o produtor recorra a métodos de controle químico, porém não há registros de produtos nematicidas para a maioria das hortaliças cultivadas, dificultando o uso e gerando o aumento indiscriminado de nematicidas não registrados. Esses produtos geralmente são altamente tóxicos e com um período residual longo em relação ao ciclo das hortaliças cultivadas (LOPES; DUVAL, 2010; PINHEIRO et al., 2019).

Programas de melhoramento genético da alface no país, com foco em desenvolver cultivares que sejam adaptadas às condições de cultivo tropicais, em elevadas temperaturas e pluviosidade, que tenham tolerância ao florescimento precoce e resistência às principais doenças, permitem o cultivo desses cultivares pelos produtores e contribuem para dar sustentabilidade à alface para a cultura (SALA; COSTA, 2016). Conhecer os aspectos genéticos relacionados a estas características, tais como sua herança, os efeitos gênicos envolvidos, as interações alélicas e a herdabilidade, entre outros, torna-se de grande importância para se estabelecer as metodologias adequadas para o sucesso dos programas de melhoramento.

Assim, o presente trabalho objetivou estimar e analisar parâmetros genéticos e fenotípicos para características de importância no melhoramento da alface para condições tropicais, obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Regina 71 e Grand Rapids.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Principais características da alface para condições tropicais

2.1.1 Classificação Botânica e Morfológica

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa com maior produção no Brasil, ocupando 43,7% da produção seguida do repolho com 31,7%, couve (9,1%), agrião (7,6%), espinafre (3,1%), rúcula (2,0%) e outras (2,1%) (CAMPOS & NEGÓCIOS, 2022). Apresentam uma série de nutrientes como pró-vitamina A, luteína, vitamina B2, vitamina B5, vitamina B9, vitamina C, vitamina K, cálcio, ferro, magnésio e potássio (RODRIGUES, 2012).

Pertencente à família Asteraceae, a *L. sativa* é uma espécie diploide com $2n=2x=18$ cromossomos e com um genoma estimado em 2.6 Gb (NCBI, 2023). A alface é uma planta herbácea com caule diminuído onde se prendem as folhas (FILGUEIRA, 2000).

A alface possui duas fases: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa compreende desde o plantio até o ponto de colheita para consumo *in natura*, enquanto a fase reprodutiva inicia-se quando a planta começa a emitir seu pendão floral e termina quando há produção de sementes (SALA; NASCIMENTO, 2014). As folhas de alface são amplas e crescem em roseta, em volta do caule.

O sistema radicular da alface é superficial e bastante ramificado, atingindo apenas os primeiros 25 centímetros de solo, quando a muda é transplantada. Em semeadura direta, a raiz pivotante pode atingir até 60 centímetros de profundidade (FILGUEIRA, 2000). O ciclo de vida das cultivares produzidas no Brasil varia de 120 a 170 dias para produção de sementes (MENEZES; SANTOS; SCHMIDT, 2001).

O ciclo da alface sofre influência da temperatura. O pendoamento floral é estimulado por temperaturas acima de 22 °C associado a dias longos o que acelera o desenvolvimento da fase vegetativa e antecipa a fase reprodutiva nas cultivares de clima ameno; consequentemente, ocorre a indução do florescimento levando a redução do tamanho das plantas e acúmulo de látex, que torna as folhas amargas, rígidas e inadequadas para o consumo (FRANCO et al., 2018; FILGUEIRA, 2000).

2.1.2 Classificação pelo tipo de folha

De acordo com o tipo de folha são 6 grupos de alface comercializados no Brasil, classificados como: solta lisa; alface repolhuda-manteiga; alface repolhuda-crespa (americana); solta crespa; mimosa e romana (FILGUEIRA, 2000; GHINI et al., 2011).

No Brasil, a alface “manteiga” (também conhecida como lisa) era o padrão consumido. Suas principais características são folhas lisas, muito delicadas, de coloração verde-amareladas, aspecto amanteigado, formando uma cabeça compacta. As cultivares cultivadas eram a White Boston e San Rivale, importadas de países da Europa e dos Estados Unidos. Devido ao clima subtropical da região Sudeste do Brasil, onde ocorrem épocas de temperaturas elevadas, com elevada precipitação no período do verão, estas cultivares sofriam perdas de até 60% pela ocorrência de fungos e bactérias, agravadas pela indução ao pendoamento precoce (FILGUEIRA, 2000; SALA, 2011).

Em 1968, o Dr. Hiroshi Nagai iniciou um programa de melhoramento para alface que visava a obter uma cultivar do tipo manteiga, resistente ao vírus-do-moisaco da alface (LMV) e ao calor, através do cruzamento da ‘Gallega de Invierno’ (Von Der Pahlen & Crnko, 1965) com ‘White Boston’, surgindo a ‘Brasil 48’ em 1973, com alguma tolerância ao calor e resistente ao LMV. Após isso, outras cultivares denominadas Brasil 202, Brasil 221, Brasil 303 e Brasil 311, também obtidas por Nagai, obtiveram sucesso, assim como suas versões comerciais (MELO; MELO, 2003). Na década de 1980, outra contribuição importante, desenvolvida pelo Dr. Cyro Paulino da Costa na USP-ESALQ, foi o lançamento da cultivar Regina, o que possibilitou ampliar o período de cultivo da alface no verão em locais que as condições climáticas eram limitantes. A arquitetura de planta aberta e sem formação de cabeça, não permitindo acúmulo de água nas folhas, contribuiu para redução das perdas (FILGUEIRA, 2000; SALA, 2011).

Nagai, já na década de 1990, desenvolveu a série Brasil 500, com objetivo de produzir cultivares de folhas crespas e resistentes ao mosaico-da-alface, ao vira-cabeça e ao calor (MELO; MELO, 2003). Essa série permitiu praticamente a independência do Brasil na produção de sementes (GOMES et al., 2000).

Nas últimas décadas uma das grandes mudanças da alfacultura foi a adoção da alface crespa ‘Grand Rapids’, porém com a utilização de novas cultivares comerciais mais tolerantes ao florescimento precoce. A mudança da alface lisa do tipo Regina, que é do tipo solta-lisa cuja as folhas são lisas, forma de roseta, macias, soltas e sem formação de cabeça, para o tipo crespa ocorreu tanto pelo mercado do alficultor como pelo consumidor. As características da alface do tipo solta-crespa são folhas crespas, consistentes e soltas típico da cultivar Grand Rapids, que é o padrão varietal e referencial. Por não apresentar formação de cabeça, mostrou ser adequada ao cultivo no verão, garantindo e minimizando as elevadas perdas que havia com a alface lisa repolhuda, tipo ‘White Boston’ no verão. Sendo assim, a partir da ‘Grand Rapids’ houve uma sequência de mudanças varietais para outras cultivares como Brisa, Verônica e, posteriormente, Vera. As cultivares Verônica e Vera, desenvolvidas e lançadas nos anos 1990, foram as cultivares líderes de mercado por mais de uma década no Brasil (SALA, 2011). Essas cultivares foram a sustentabilidade da alfacultura por décadas, devido ao pendoamento lento, não formação de cabeça, resistente as chuvas de verão, fácil manuseio e transporte e ciclo curto (FILGUEIRA, 2000; CABRAL, 2016).



Por meio de estudos dos pesquisadores Cyro Paulino da Costa e Fernando César Sala que desenvolveram uma nova cultivar a partir de variantes da cultivar Lucy Brown que é do





tipo repolhuda-crespa, também denominada de alface americana, que apresenta folhas crespas, bem consistentes, com nervuras destacadas, formando uma cabeça compacta. A nova cultivar foi denominada Gloriosa, e é tipo americana tropicalizada não formando uma cabeça compacta, com resistência a *Thielaviopsis basicola*. (FILGUEIRA, 2000; SALA, 2011).

As principais cultivares do tipo Mimosa são Mimosa Salad Bowl e Salad Bowl, na qual as apresentam aspecto “arrepido” e folhas delicadas. Já as classificadas como tipo Romana, as folhas são alongadas, consistentes, nervuras protuberantes, forma cabeça fofa. As cultivares Romana Balão, Branca de Paris, Blonde Romaine, Ideal Cos e Valmaine são exemplos de alface do tipo Romana (FILGUEIRA, 2000).

A coloração das folhas possui variação desde tons de verde, arroxeadas e vermelhas. Além disso, também há brilho nas folhas variando de intensidade dentro de cada tipo (Tabela 1) (FILGUEIRA, 2000; TRANI et al., 2005).

Tabela 1 – Grupos de alface: alface repolhuda-manteiga; alface repolhuda-crespa (americana); solta lisa; solta crespa; mimosa e romana.

IMAGEM	NOME
 <p data-bbox="188 1503 587 1536">Fonte: SEMENTES FELTRIN,2023.</p>	Repolhuda lisa ou manteiga
 <p data-bbox="188 1877 544 1910">Fonte: HENZ; SUINAGA, 2009.</p>	Repolhuda crespa ou americana

	Solta crespa
Fonte: autor.	
	Solta lisa
Fonte: autor.	
	Mimosa
Fonte: SAKATA, 2023.	
	Romana
Fonte: HENZ; SUINAGA, 2009.	

Fonte da tabela: Autor.

2.1.3 Florescimento em alface

A inflorescência da alface é do tipo panícula e seus botões florais estão dispostos em capítulos, sendo que cada um contém de 10 a 20 floretes. Cada florete possui uma pétala amarela envolta por brácteas imbricadas representadas na Figura 1. O estilete dispõe de uma bifurcação no ápice e o ovário produz um óvulo que, por consequência, dará origem a uma única semente. A estrutura da flor da alface compõe a autofecundação. O estigma se

desenvolve pelo estímulo da luz, pela manhã, atravessando o estilete; sendo assim, a polinização ocorre antes da antese. Esse mecanismo é responsável pela autogamia por meio da cleistogamia (RYDER, 1986).

Figura 1 –Inflorescência do tipo panícula da alface.



Fonte: Autor.

A alface é uma planta típica de clima ameno que tem origem de espécies silvestres de clima temperado proveniente da região sul da Europa e Ásia Ocidental e foi introduzida no Brasil pelos portugueses (FILGUEIRA, 2000). É uma cultura bastante influenciada por condições ambientais, sendo adaptada a temperaturas amenas (RESENDE et al., 2015). A temperatura ideal de produção de alface está entre os 12 e 22°C, sendo que valores acima deste limite favorecem o florescimento precoce das plantas (SILVA et al., 1999).

Praticamente todas as cultivares de alface desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo (HENZ; SUINAGA, 2009). A tendência ao pendoamento rápido ou mais lento caracteriza as cultivares como de inverno ou de verão, respectivamente. As variedades de inverno quando cultivadas em temperaturas amenas, normalmente formam cabeça. Porém, quando cultivadas no verão, emitem pendão floral precocemente, tornando-se impróprias para consumo (MALUF, 1994; NAGAI; LISBÃO, 1980).

O florescimento provoca o alongamento do caule, reduz o número de folhas e estimula a produção de látex, que confere sabor amargo às folhas (SILVA et al., 1999).

Consequentemente, esse fator contribui para a colheita antecipada de plantas com folhas pequenas e de menor peso, ou seja, plantas de menor valor comercial (SOUZA et al., 2008). Devido ao melhoramento genético, há no mercado cultivares mais adaptadas ao plantio de verão. Tais cultivares permitem a produção durante o ano inteiro (RESENDE et al., 2015).

As sementes de alface são conhecidas como uma estrutura denominada aquênio, ou seja, um fruto seco. A maturação fisiológica pode ser observada quando as brácteas secam e são dispersas por meio do vento (FRANCO; GOMES; SANTOS, 2018). A temperatura ótima para a germinação das sementes está em torno de 20 °C, sendo que acima de 30 °C há a formação de plântulas anormais, morte da semente e desuniformidade de estande (FILGUEIRA, 2000).

2.2 Nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.)

O filo Nematoda possui diversas espécies, sendo um dos grupos de metazoários mais abundantes na Terra. Uma estimativa indica que nematoides correspondam a 90% de todos os organismos multicelulares. Os nematoides são um dos grupos com maior importância econômica que habitam solo ou estruturas vegetais como folhas, caules e, principalmente, raízes (OLIVEIRA et al., 2018). Segundo dados da Sociedade Brasileira de Nematologia, estima-se que as perdas por nematoides na agricultura brasileira são em torno de R\$ 52 bilhões (aproximadamente USD 10 bilhões), e globalmente de US\$125 bilhões (MACHADO, 2015; CHITWOOD, 2003).

Os gêneros de nematoides mais nocivos em diferentes culturas são *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Ditylenchus*, *Globodera*, *Tylenchulus*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Rotylenchulus* e *Helicotylenchus* (OLIVEIRA et al., 2018). Contudo, na alface, a importância do *Meloidogyne* spp. é imprescindível, pois os nematoides de galhas podem causar perdas de até 100% na produção, dependendo da intensidade de infestação da área e da cultivar plantada (CHARCHAR, 1995).

A meloidoginose é causada por nematoides do gênero *Meloidogyne*, uma das doenças que mais afetam diversas culturas pelo mundo (VARGAS et al., 2017). O nematoide das galhas faz parte do Reino Animal, Filo Nematoda; Classe Chromadorea; Subclasse Chromadoria; Ordem Rhabditida; Subordem Tylenchina; Infraordem Tylenchomorpha; Superfamília Tylenchoidea; Família Meloidogynidae; Subfamília Meloidogyninae; Gênero *Meloidogyne* (DE LEY; BLAXTER, 2004).

Dentro do gênero, são conhecidas 100 espécies que atingem uma ampla gama de hospedeiros. No Brasil, as espécies relatadas são o *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. hapla* e *M. petuniae*. Em regiões de altas temperaturas (25-28°C) são encontradas as espécies *M. incognita* e *M. javanica*; *M. arenaria* em áreas do Centro-Oeste com temperaturas em torno de 25°C. Já em áreas das regiões Sudeste e Sul é identificada a espécie *M. hapla*, com temperaturas que variam de 12 a 24°C, e *M. petuniae* em áreas restritas da região Centro-Oeste, onde a temperatura pode variar de 12 a 28°C (CHARCHAR; MOITA, 2005). Todos são favorecidos por condições desfavoráveis como solos com baixa fertilidade, pouca matéria orgânica, sem estrutura física adequada e com baixa quantidade de microrganismos que promovem o controle natural dos mesmos (BAIDA et al., 2011).

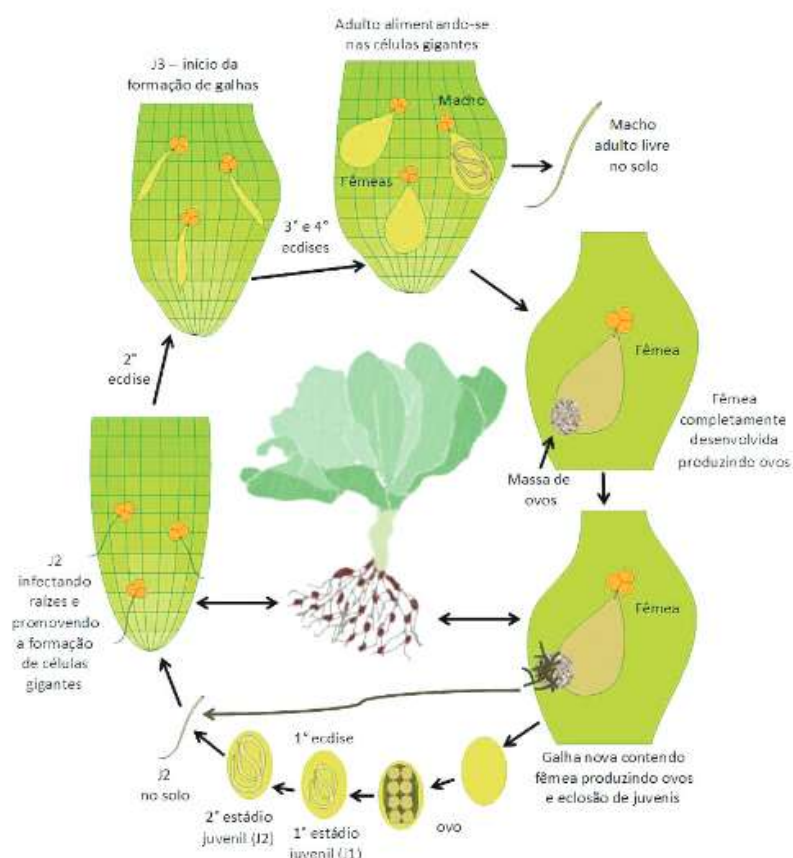
O gênero *Meloidogyne* spp. são endoparasitos que apresentam corpo filiforme. As fêmeas apresentam formato globoso e quando passam a produzir os ovos, estes são depositados numa matriz gelatinosa, formando a massa de ovos (Figura 2). Cada fêmea produz, em média, 500 ovos, mas há relatos de até 2.000 ovos contidos nessa matriz gelatinosa. Dos ovos depositados pelas fêmeas eclodem os juvenis de segundo estágio (J2). Os J2 penetram nas raízes das plantas atraídos por exsudato radicular e estabelecem um sítio permanente de alimentação. Através do estilete injetam secreções que causam a hipertrofia das células das raízes parasitadas, denominadas de células nutridoras (ou células gigantes) e tornam-se robustos. Após 3 ecdises atingem o estágio adulto. Consequentemente, o córtex entumece e as raízes engrossam, formando a galha. Os machos são delgados, móveis e não parasitam as plantas (OLIVEIRA et al., 2018). Além disso, machos não são necessários para completar o ciclo de vida, pois na maioria das espécies de *Meloidogyne* as fêmeas se reproduzem facultativamente ou obrigatoriamente por partenogênese. O ciclo de vida de qualquer espécie de *Meloidogyne* possui pouca atividade em temperaturas superiores a 38°C ou inferiores a 5°C (PINHEIRO et al., 2013). Esse ciclo de vida está representado na Figura 3.

Figura 2 –Fêmea dos nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.).



Fonte: Pinheiro et al. (2013)

Figura 3 – Ciclo de vida do nematoide *Meloidogyne* spp. em raiz de alface.

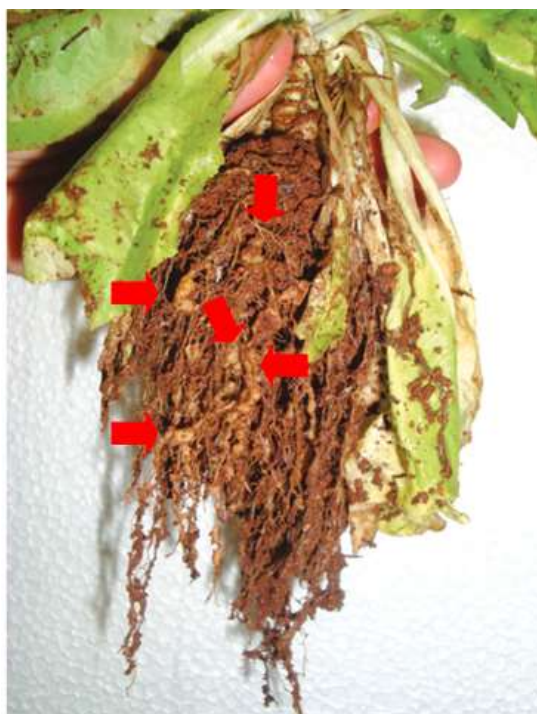


Fonte: Pinheiro et al. (2013)

Sendo assim, o sintoma mais visível devido à infecção pelo nematoide *Meloidogyne* spp. é a presença de engrossamentos e “inchaços” nas raízes com formato arredondado (Figura 4), denominado de galhas, e a diminuição do número de raízes finas são visíveis. A formação das galhas são protuberâncias que ocorrem nas raízes infestadas pelo gênero

Meloidogyne, e que por isso o nome vulgar desses parasitos (nematoides das galhas). A observação de galhas em raízes de plantas infectadas é a melhor forma visual de detectar a presença do nematoide, sendo essas raízes geralmente mais curtas e com menor número de raízes laterais. Além disso, sintomas como nanismo das plantas, amarelecimento, cabeças de alface menores, mais leves e folhas mais soltas e murchas podem ocorrer. Normalmente, são observadas falhas no *stand* das plantas que não conseguem cobrir toda área dos canteiros. Podem ser encontradas massas de ovos na superfície das raízes galhadas na forma de pequenos pontos escuros e no interior das galhas podem ser extraídas fêmeas com formato globoso, piriforme ou de cabaça (PINHEIRO et al., 2013).

Figura 4 – Formação de galhas em raiz de alface infectada pelos nematoides do gênero *Meloidogyne*.



Fonte: Pinheiro et al. (2013)

Os métodos de controle que podem ser utilizados em áreas infestadas são: o controle preventivo com a utilização de mudas saudáveis produzidas em substratos isentos de nematoides, permitindo um transplante sem contaminação; evitar o plantio em épocas de chuvas e altas temperaturas, pois a maioria das espécies de *Meloidogyne* de ocorrência no país se multiplica bem nesse período; lavagem de máquinas e implementos agrícolas para remoção de solo

aderido nos pneus e demais partes do maquinário; realizar uma pré-limpeza de botas e calçados, sendo uma medida para evitar a disseminação em outras áreas; evitar a utilização de água de mananciais existentes em baixadas, onde há o escoamento de água contaminada de lavouras ou mesmo o reaproveitamento de água utilizada para lavagem de alface na colheita como a água de irrigação. Também deve realizar a eliminação de plantas daninhas na safra e entressafra nas áreas cultivadas, como por exemplo, o arrebenta cavalo (*Solanum aculeatissimum*), erva-macaé (*Leonurus sibiricus* L.) e caruru de espinho (*Amaranthus* sp.) que são boas hospedeiras de *Meloidogyne* spp (OLIVEIRA; ROSA, 2019).

O emprego de rotação de culturas com plantas não hospedeiras como mucuna preta e *Crotalaria juncea* e plantas antagonistas como as crotalárias (*Crotalaria spectabilis*), cravo-de-defunto (*Tagetes* spp.) e mucunas (*Mucuna* spp.) que podem ser utilizadas como cultura de cobertura ou incorporadas ao solo na forma de adubo verde pois, além de contribuir, torna o solo mais friável e com melhor estrutura, além da incorporar nutrientes que melhoram a fertilidade do solo. O uso de cultivares resistentes é uma prática de grande relevância para o controle (OLIVEIRA; ROSA, 2019; OLIVEIRA et al., 2013).

O uso de nematicidas químicos não é recomendado, pois não há registro desses produtos para a cultura da alface (MAPA, 2022). Porém, o uso de nematicidas biológicos tem se mostrado eficiente no controle do *Meloidogyne* spp. em culturas de alface, conforme os estudos de Paula Filho (2022) e Domingues et al. (2022).

Segundo Assunção (2016), utilização de cultivares resistentes é um método prático, econômico e eficiente, pois há uma redução da população do nematoide por falta de alimento. Logo, aplicação de nematicidas biológicos associado ao uso de cultivares resistentes é uma alternativa importante no controle de nematoides.

A partir da década de 90, foi um período de maior concentração em identificar fontes de resistência (FIORINI et al., 2005). Por meio de estudos, hoje o mercado brasileiro apresenta várias cultivares comerciais de alface resistentes principalmente a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* (OLIVEIRA; ROSA, 2019). As cultivares com resistência ao *Meloidogyne* estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Cultivares de alface com resistência ao *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne enterolobii*.

CULTIVAR	RESISTÊNCIA A ESPÉCIE E RAÇA DO <i>Meloidogyne</i>
----------	--

Julia Fonte: MELO et al., 2011	<i>Meloidogyne enterolobii.</i>
Hortência Fonte: MELO et al., 2011.	<i>Meloidogyne enterolobii.</i>
Verônica Fonte: MELO et al., 2011.	<i>Meloidogyne enterolobii.</i>
Grand Rapids Fonte: MELO et al, 2011, GOMES et al., 2000; Maluf et al., 2002.	<i>Meloidogyne enterolobii, Meloidogyne incognita, Meloidogyne javanica.</i>
Babá de Verão Fonte: MELO et al., 2011.	<i>Meloidogyne enterolobii.</i>
Salinas 88 Fonte: Carvalho Filho et al., 2008; Silva et al., 2008.	<i>Meloidogyne incognita.</i>
Salad Bowl Fonte: Charchar; Moita, 2005.	<i>Meloidogyne incognita</i> raça 1 e <i>Meloidogyne javanica.</i>

Fonte da tabela: Autor.

2.3 Parâmetros genéticos para avaliação da resistência em plantas de alface

Um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de espécies cultivadas é a obtenção de genótipos mais produtivos, o que pode ser alcançado por meio da seleção e multiplicação dos indivíduos de melhor desempenho produtivo (BÁRBARO et al., 2007). Porém, a maioria das características agronômicas de interesse aos melhoristas e geneticistas de plantas apresentam herança quantitativa, apresentando influência pela variação do ambiente (BESPALHOK et al., 2007).

A variação fenotípica encontrada em uma população possui duas origens: variação devido ao ambiente e variação devido a diferenças genéticas (BESPALHOK et al., 2007). A existência de variabilidade genética é uma condição indispensável para a seleção e melhoramento. Se não há indivíduos diferentes não há possibilidade de se realizar escolhas praticando o melhoramento (SOUZA, 2019).

As estimativas dos componentes de variabilidade existente nas populações e o quanto dessa é de origem genética é de fundamental importância em qualquer programa de melhoramento, porque permite conhecer o controle genético do caráter e o potencial da população para a

seleção (RAMALHO et al., 2012). Logo, para seleção de indivíduos de maior desempenho, é necessário avaliar o efeito ambiental e o efeito genético na expressão de caracteres por meio da estimativa de parâmetros genéticos e seus componentes da variância (VENCOVSKY, 1987).

Sendo assim, a variância fenotípica entre as plantas (σ^2_F) apresenta uma parte genética (V^2_G) e outra ambiental (V^2_E), sendo dada por ($\sigma^2_F = \sigma^2_E + \sigma^2_G$). Desse modo, é possível estimar a variância genética entre as plantas como sendo $\sigma^2_G = \sigma^2_F - \sigma^2_E$. É possível também, a partir dos valores obtidos de cada variância, quantificar o valor da herdabilidade ($h^2 = V^2_G / V^2_F$) (SOUZA, 2019).

A herdabilidade (h^2) é a proporção de variância genética em relação à variância fenotípica, ou seja, representa a proporção herdável da variabilidade total (RAMALHO et al., 2012). Com esse parâmetro é possível prever a possibilidade de sucesso com a seleção, já que permite a estimativa do ganho com a seleção antes mesmo que ela seja realizada. Dessa maneira, é possível escolher o método de seleção que seja mais eficiente e as melhores alternativas para se conduzir o processo seletivo (SOUZA, 2019). Ela pode ser dividida em dois tipos: herdabilidade no sentido amplo e herdabilidade no sentido restrito. A herdabilidade no sentido amplo é definida como a porção da variância genotípica presente na variância fenotípica. E a herdabilidade no sentido restrito é a razão entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica (BESPALHOK et al., 2007).

A possibilidade de prever ganhos é considerada uma das maiores contribuições da genética quantitativa para o melhoramento (PAULA et al., 2002). Por meio da estimativa do ganho de seleção é possível orientar de maneira mais efetiva o programa de melhoramento, prever o sucesso do esquema seletivo adotado e decidir, com base científica, por meio de técnicas alternativas que possam ser mais eficazes (CRUZ et al., 2004).

Para analisar a relação entre os alelos que controlam a expressão de um caráter pode-se recorrer à estimativa do grau médio de dominância (GMD). O grau médio de dominância mede a posição relativa do heterozigoto em relação à média dos homozigotos por meio da divisão entre a estimativa do desvio do heterozigoto em relação à média dos genitores (d) e a estimativa do desvio dos homozigotos em relação à média dos genitores (a) (RAMALHO et al., 2012). De acordo com Stuber et al. (1987 apud PEREIRA et al., 2000) conforme os valores estimados para GMD, pode ser considerado a existência de efeito aditivo quando o valor é igual a zero e inferior a 0,20; como dominância parcial para 0,21 a 0,80; dominância completa de 0,81 a 1,2 e valores maiores que 1,2 considerados sobredominância. Já Ramalho

et al. (2012) cita que a razão d/a , ou seja, o valor do desvio de dominância em relação ao efeito aditivo mede o grau de dominância de um gene. Desta forma, se esse valor é zero, indica que há uma interação alélica do tipo aditiva; se for igual a 1,0, é porque ocorre uma dominância completa; já para valores situados entre zero e um, tem-se dominância parcial e quando o valor é superior a 1,0, ocorre uma sobredominância.

A herdabilidade alta ligada a efeitos aditivos pode indicar a possibilidade de sucesso por meio da seleção de genótipos superiores (ALVES, 2020).

3 ANEXO

1 PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS PARA RESISTÊNCIA AOS 2 NEMATOIDES DAS GALHAS E CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS EM ALFACE

3
4 Aline de Paula Costa ¹, Cibelle Vilela Andrade Fiorini², Cleiton Lourenço de Oliveira³, Luiz
5 Antônio Augusto Gomes³.

6
7 1 Laboratório de Genética Molecular, Instituto de Biotecnologia, Universidade Federal de
8 Uberlândia, Patos de Minas, Minas Gerais, Brasil.

9
10 2 Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio
11 de Janeiro, Brasil.

12
13 3 Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais,
14 Brasil.

15
16 Resumo: temperaturas elevadas favorecem a ocorrência de florescimento precoce e incidência
17 de nematoides das galhas em alface. No Brasil, a busca por materiais resistentes que
18 apresentem características comerciais desejáveis é imprescindível. Conhecer os aspectos
19 genéticos envolvidos nestas características torna-se de grande importância para programas de
20 melhoramento. O objetivo neste trabalho foi estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para
21 características de importância no melhoramento da alface para condições tropicais.
22 Utilizaram-se as cultivares Regina 71 (folha lisa, suscetível a nematoides e tolerante ao
23 florescimento precoce) e Grand Rapids (folha crespa, resistente a nematoides e suscetível ao
24 florescimento precoce), além das gerações F₁ e F₂ oriundas do cruzamento entre elas.
25 Avaliaram-se as seguintes características: ocorrência de galhas nas raízes (ING), tipos de
26 borda (TBF) e limbo (TLF) foliares e o número de dias para início do florescimento (NDF).
27 Concluiu-se que existe variabilidade genética para todas as características, assim como efeito
28 aditivo e baixa dominância parcial. As características TBF e TLF mostraram alta
29 herdabilidade no sentido amplo, 74 e 77%, respectivamente, enquanto para ING e NDF os
30 valores foram inferiores, 43 e 41%, respectivamente. Para o NDF, verificou-se segregação

31 transgressiva. A predominância de efeitos aditivos, associados à valores de herdabilidade no
32 sentido amplo de mediana a alta, e, ainda, a ocorrência de segregação transgressiva para NDF,
33 indicam a possibilidade de sucesso na obtenção de novos genótipos de alface tolerantes ao
34 calor e resistentes ao *Meloidogyne* spp.

35 Palavras-chaves: *Lactuca sativa* L., *Meloidogyne* spp., índice de galhas, tipo de folha,
36 resistência ao florescimento precoce.

37 **1 INTRODUÇÃO**

38 A alface, uma espécie herbácea anual pertencente à família Asteraceae, cujo nome
39 científico é *Lactuca sativa* L., possui origem na região do Mediterrâneo. É a folhosa mais
40 consumida em todo o mundo, preferencialmente na forma *in natura*. No Brasil, a produção de
41 mais de 1.317,6 toneladas distribui-se entre alface (43,7%), repolho (31,7%), couve (9,1%),
42 agrião (7,6%), espinafre (3,1%), rúcula (2,0%) e outras (2,1%). (CARVALHO et al, 2005;
43 SALA; NASCIMENTO, 2014; CAMPOS & NEGÓCIOS, 2022).

44 A alface possui uma diversidade de tipos varietais no mercado, a depender do formato
45 da folha, do tamanho, arquitetura e coloração das plantas. Os seis principais tipos varietais de
46 alface disponíveis no mercado brasileiro são: crespa, americana, lisa, romana, mimosa e
47 vermelha (SALA & COSTA, 2012). No Brasil, o tipo de alface mais consumida, segundo a
48 Embrapa (2019), são as variedades de folhas crespas e coloração verde-clara.

49 Principalmente para a alface do tipo crespa têm ocorrido muitos avanços ao longo dos
50 anos por meio de programas de melhoramento genético, porém, as elevadas temperaturas que
51 ocorrem na maioria das regiões brasileiras, ainda potencializadas pelas mudanças climáticas,
52 tornam-se um desafio para os melhoristas, pois favorece a ocorrência de florescimento
53 precoce e incidência de patógenos como os nematoides das galhas (EMBRAPA, 2019).

54 De origem de regiões de clima temperado, a alface desenvolve bem em climas
55 amenos, principalmente durante a fase de crescimento vegetativo (HENZ & SUINAGA,
56 2009). A ocorrência de temperaturas acima de 22 °C associadas a dias longos aceleram o
57 crescimento vegetativo e antecipam a fase reprodutiva, causando nas cultivares de clima
58 ameno a indução ao florescimento. Isto leva à redução do tamanho das plantas no ponto
59 comercial e ao acúmulo de látex nas folhas, tornando as mesmas amargas, rígidas e
60 inadequadas para o consumo (FILGUEIRA, 2000; GHINI et al., 2011).

61 Os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) são endoparasitos sedentários que
62 atingem o sistema radicular das plantas causando deformações em suas raízes. Os danos
63 causados nas plantas podem consistir em vários graus de atrofiamento, falta de vigor e
64 murcha sob estresse de umidade. A explicação comum para esses sintomas na parte aérea da
65 planta é que a infecção por *Meloidogyne* spp. afeta a absorção de água e nutrientes e a
66 translocação ascendente pelo sistema radicular. Ao interromper a fisiologia da planta
67 hospedeira, os nematoides das galhas reduzem o rendimento da cultura e a qualidade do
68 produto, portanto, são de grande importância econômica e social (SASSER; CARTER, 1985).

69 Segundo dados da Sociedade Brasileira de Nematologia estima-se que as perdas por
70 nematoides na agricultura brasileira são em torno de R\$ 52 bilhões (aproximadamente US\$ 10
71 bilhões), e globalmente de US\$125 bilhões (MACHADO, 2015; CHITWOOD, 2003). Isso
72 faz com que o produtor recorra a métodos de controle químico, embora não haja registros de
73 produtos nematicidas para a maioria das hortaliças cultivadas, dificultando o uso e gerando o
74 aumento indiscriminado de nematicidas não registrados. Esses produtos geralmente são
75 altamente tóxicos e apresentam período residual longo em relação ao ciclo das hortaliças
76 cultivadas (LOPES & DUVAL, 2010; PINHEIRO et al., 2013).

77 Os programas de melhoramento genético para a alface no país, com foco em
78 desenvolver cultivares que sejam adaptadas às condições de cultivos tropicais sob elevadas

79 temperaturas e pluviosidade, que tenham tolerância ao florescimento precoce e resistência às
80 principais doenças da cultura, permitem o cultivo desses cultivares pelos produtores e
81 contribuem para dar sustentabilidade à alfacicultura (SALA & COSTA, 2016). Conhecer os
82 aspectos genéticos relacionados a estas características, tais como sua herança, os efeitos
83 gênicos envolvidos, as interações alélicas e a herdabilidade, entre outros, torna-se de grande
84 importância para se estabelecer as metodologias adequadas para o sucesso dos programas de
85 melhoramento.

86 Assim, no presente trabalho objetivou-se estimar e analisar parâmetros genéticos e
87 fenotípicos para as características de resistência ao *Meloidogyne* spp., tipo de borda e limbo
88 foliares, e tolerância ao florescimento precoce, importantes no melhoramento da alface para
89 condições tropicais, a partir de plantas obtidas do cruzamento entre as cultivares Regina 71 e
90 Grand Rapids.

91 **2 MATERIAL E MÉTODOS**

92 **2.1 Genótipos utilizados**

93 Para a realização do trabalho utilizaram-se plantas oriundas de sementes dos seguintes
94 genótipos de alface: a) cultivar Regina 71, caracterizada por ser de folhas lisas e, apesar de ser
95 considerada por FILGUEIRA (2000) como de folhas soltas, tende a iniciar a formação de
96 cabeça, o que pode ser mais ou menos acentuado, conforme as condições ambientais (Figura
97 1). Apresenta suscetibilidade aos nematoides das galhas *Meloidogyne* spp. e tolerância ao
98 florescimento precoce; b) cultivar Grand Rapids, alface de folhas crespas e consistentes.
99 Apresenta folhas soltas e não forma cabeça tipo repolhuda (Figura 1). É de origem norte
100 americana, apresentando suscetibilidade ao florescimento precoce e resistência aos
101 nematoides das galhas *Meloidogyne* spp.; c) Gerações F₁ e F₂, originárias do cruzamento entre
102 as cultivares Regina 71 e Grand Rapids, conforme esquema 1.

103 Figura 1 – Plantas das cultivares utilizadas como genitores no cruzamento. À esquerda, a
 104 cultivar Regina 71 e à direita, a cultivar Grand Rapids.



105

106 Esquema 1- Obtenção das gerações F₁ ('Regina 71' x 'Grand Rapids') e F₂ ('Regina 71' x
 107 'Grand Rapids') de alface:

108 'Regina 71' x 'Grand Rapids'

109 ↓

110 F₁

111 ⊗

112 ↓

113 F₂

114

115 2.2 Metodologia para manutenção de isolados e inoculação de nematoides

116 Como inóculo foi utilizada uma mistura de isolados de *Meloidogyne* spp., cedida pelo
 117 Laboratório de Nematologia da UFLA (Universidade Federal de Lavras).

118 Os isolados foram multiplicados e mantidos em plantas de tomate, cultivar Santa
 119 Clara, conduzidas em vasos colocados sobre bancadas, em casa de vegetação, no Centro de
 120 Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia do Departamento de Agricultura da UFLA,
 121 situado na Fazenda Palmital/Ijaci-MG. Inicialmente foi feita a semeadura utilizando sementes
 122 de tomate da cultivar suscetível Santa Clara em bandejas de isopor de 128 células. As mudas
 123 obtidas foram transplantadas para vasos com volume de cinco litros de substrato, os quais
 124 foram infestados com os isolados cedidos pela UFLA, na proporção de 10.000 ovos por vaso.

125 Após o desenvolvimento das plantas de tomate e a intensa formação de galhas em seus
126 sistemas radiculares, coletaram-se raízes das mesmas, as quais passaram pelo processo de
127 extração de ovos de nematoides, conforme técnica proposta por Hussey & Barker (1973),
128 modificada por Boneti & Ferraz (1981).

129 As raízes com galhas foram lavadas cuidadosamente e cortadas em pedaços de
130 aproximadamente 5 mm de comprimento sendo, em seguida, trituradas em liquidificador por
131 40 segundos, em solução de hipoclorito de sódio a 0,5 %. Sequencialmente, a solução foi
132 passada em peneira de 0,074mm, colocada sobre uma de 0,028 mm, juntamente com água
133 abundante. Os ovos que ficaram retidos na última peneira foram transferidos para um béquer,
134 com auxílio de uma pisceta com água pura.

135 Posteriormente, foi feita a contagem dos ovos utilizando um estereomicroscópio.
136 Primeiramente, completou-se o volume de água do béquer para 1000 mL. Em seguida, a
137 solução contendo os ovos foi bem homogeneizada e retirou-se, com o auxílio de uma pipeta, 3
138 alíquotas de 1 mL. Estas foram colocadas em caixinhas de contagem e levadas ao
139 estereomicroscópio, contando-se o número de ovos. Foram feitas três contagens, calculando-
140 se o número médio de ovos por mL da suspensão.

141 Esses ovos foram então utilizados para a infestação do substrato das plantas de alface a
142 serem avaliadas, por meio de uma seringa de uso veterinário com suspensão na concentração
143 de 30 ovos mL⁻¹ de substrato.

144 **2.3 Condução dos experimentos**

145 **2.3.1 Avaliação para resistência aos nematoides *Meloidogyne* spp.**

146 O experimento para avaliação da resistência aos nematoides foi conduzido em casa de
147 vegetação, nas instalações do Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia do
148 Departamento de Agricultura da UFLA, situado na Fazenda Palmital/Ijaci-MG. Plantas de

149 cada um dos genitores, ‘Regina 71’ e ‘Grand Rapids’, assim como das gerações F₁ (‘Regina
150 71’ x ‘Grand Rapids’) e F₂ (‘Regina 71’ x ‘Grand Rapids’) foram avaliadas para resistência
151 aos nematoides das galhas *Meloidogyne* spp.

152 A semeadura foi feita em bandejas de isopor de 128 células, utilizando-se substrato
153 comercial para produção de mudas de hortaliças e duas a três sementes por célula. Após a
154 germinação, quando as plântulas apresentavam o estágio de primeira folha definitiva,
155 procedeu-se ao desbaste, deixando apenas uma plântula em cada célula. Aos quinze dias após
156 a semeadura o substrato foi infestado com ovos de *Meloidogyne* spp., obtidos a partir das
157 raízes de plantas de tomate cultivar Santa Clara, previamente infestadas para multiplicação e
158 manutenção do inóculo, conforme item 2.2. A extração dos ovos foi feita de acordo com a
159 técnica proposta por Hussey & Barker (1973) modificada por Boneti & Ferraz (1981). Para
160 infestação do substrato foi utilizada uma seringa de uso veterinário, contendo uma suspensão
161 de ovos que foi aplicada na concentração de 30 ovos mL⁻¹ de substrato.

162 O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada
163 repetição foi constituída por quatro bandejas de 128 células, nas quais foram dispostas 12
164 plantas de cada um dos genitores, 12 plantas da geração F₁ (‘Regina 71’ x ‘Grand Rapids’) e
165 84 plantas da geração F₂ (‘Regina 71’ x ‘Grand Rapids’). Em cada bandeja foi utilizada,
166 ainda, uma fileira de oito plantas com tomate suscetível, cultivar Santa Clara, para verificação
167 da eficiência do inóculo. Foram utilizadas 4 bandejas, com um total de 48 plantas de cada
168 genitor e da geração F₁ (‘Regina 71’ x ‘Grand Rapids’), 336 plantas da geração F₂ (‘Regina
169 71’ x ‘Grand Rapids’) e 32 plantas de tomate cultivar Santa Clara.

170 Aos 45 dias após a infestação, verificando-se a intensa formação de galhas nas raízes
171 das plantas de tomate, avaliaram-se cada planta de cada geração individualmente. Cada planta
172 foi retirada cuidadosamente da bandeja, mantendo o seu torrão e verificando-se, visualmente,

173 a incidência de galhas em seu sistema radicular. De acordo com a incidência de galhas nas
 174 raízes (ING) de cada planta, foi atribuída uma nota, conforme o número e o tamanho das
 175 galhas (Tabela 1 e Figura 2).

176 Tabela 1- Escala de notas utilizada para avaliação da incidência de galhas por sistema
 177 radicular (ING) em plantas de alface infectadas com ovos de *Meloidogyne* spp.

NOTA	INCIDÊNCIA DE GALHAS
1	Poucas galhas visíveis no sistema radicular, galhas pequenas e não coalescentes.
2	Poucas galhas visíveis no sistema radicular, porém algumas galhas de tamanho médio.
3	Número médio de galhas visíveis no sistema radicular, galhas de tamanho médio e algumas galhas de tamanho grande.
4	Muitas galhas visíveis no sistema radicular, galhas grandes com poucas galhas de tamanho médio, algumas galhas coalescentes.
5	Muitas galhas visíveis no sistema radicular, galhas grandes, com grande número de galhas coalescentes.

178

179 Figura 2- Padrões de notas utilizada para avaliação da incidência de galhas por sistema
 180 radicular (ING), em plantas de alface infectadas com ovos de *Meloidogyne* spp.



Fonte: Autor.

181
 182

183 De acordo com as notas para incidência de galhas (ING), relativas à cada planta,
 184 obtiveram-se as distribuições de frequência das mesmas para cada material avaliado. De
 185 acordo com a distribuição de frequência obtida para as cultivares Regina 71 e Grand Rapids,
 186 estabeleceu-se um ponto de truncagem. Este ponto foi estabelecido baseado na nota abaixo da
 187 qual se encontrava o maior número de plantas da cultivar Grand Rapids (resistente) e acima

188 da qual se encontrava o maior número de plantas da cultivar Regina 71 (suscetível) (Gomes,
189 1999). Assim, a nota para ING a ser escolhida como ponto de truncagem foi utilizada como
190 limite máximo para a seleção de plantas resistentes aos nematoides das galhas *Meloidogyne*
191 spp. Plantas da geração F₂ ('Regina 71' x 'Grand Rapids'), classificadas com nota igual ou
192 superior ao ponto de truncagem foram consideradas suscetíveis, sendo eliminadas e as plantas
193 classificadas com nota igual ou inferior a este ponto foram consideradas resistentes, sendo
194 selecionadas.

195 **2.3.1.1 Avaliação para características de borda e limbo e tolerância ao florescimento** 196 **precoce**

197 O experimento para avaliação das características de borda e limbo foliares e tolerância
198 ao florescimento precoce foi conduzido em casa de vegetação, nas instalações do Centro de
199 Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia do Departamento de Agricultura da
200 Universidade Federal de Lavras, situado na Fazenda Palmital, no município de Ijaci
201 (latitude de 21°10'12"S, longitude 44°55'30"W, à altitude de 889 metros), estado de Minas
202 Gerais. O clima da região é tropical de altitude e a precipitação média anual é de 1.530 mm.
203 Plantas de cada um dos genitores, 'Regina 71' e 'Grand Rapids', assim como das gerações F₁
204 ('Regina 71' x 'Grand Rapids') e F₂ ('Regina 71' x 'Grand Rapids') foram avaliadas para as
205 características de tipos de borda e de limbo foliar, bem como para a tolerância ao
206 florescimento precoce.

207 A semeadura foi feita em bandejas de poliestireno expandido de 128 células utilizando
208 substrato comercial para hortaliças. Estas bandejas foram mantidas em casa de vegetação até
209 as mudas apresentarem de 3 a 4 folhas definitivas, cerca de 28 dias após a semeadura. Neste
210 momento as mesmas foram transplantadas para canteiros de 1,20 m de largura e 0,20 m de
211 altura, construídos dentro de ambiente protegido. As plantas foram dispostas no espaçamento

212 de 0,40 m entre as linhas e 0,25m entre as plantas, dentro de cada linha de plantio, sendo três
213 linhas de plantio por canteiro. Cada planta foi numerada e identificada individualmente,
214 dentro de cada parcela, em cada repetição, sendo conduzidas até a fase comercial, quando
215 termina a fase vegetativa, para as avaliações dos tipos de borda e limbo foliares. Depois, as
216 plantas entrando na fase reprodutiva, permaneceram nos canteiros até o florescimento, quando
217 foi avaliado o número de dias ocorridos até o início do florescimento.

218 O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições. Foram
219 utilizadas em cada repetição 12 plantas de cada uma das cultivares e da geração F₁ ('Regina
220 71' x 'Grand Rapids'), além de 84 plantas da geração F₂ ('Regina 71' x 'Grand Rapids'),
221 perfazendo um total de 480 plantas.

222 O solo da área experimental foi previamente preparado, sendo feito o levantamento
223 dos canteiros e a aplicação de adubos de plantio e de cobertura via fertirrigação, seguindo as
224 recomendações de Ribeiro et al. (1999). A irrigação foi feita por gotejamento com duas linhas
225 por canteiro e emissores a cada 30 centímetros. Os canteiros foram recobertos por "mulching"
226 dupla face. A irrigação foi realizada diariamente e a adubação de cobertura foi feita por
227 fertirrigação.

228 **2.3.2.1 Avaliações para características de borda e limbo foliares**

229 Para avaliações quanto as características comerciais foram considerados os seguintes
230 caracteres: tipo de borda foliar e tipo de limbo foliar, para os quais foram atribuídas notas
231 independentemente, para cada característica, que variaram de 1 a 5, conforme a Tabela 2.

232 Tabela 2 - Escala de notas utilizada para avaliação do tipo de borda e limbo foliar em plantas
233 de alface.

NOTA	TIPO DE BORDA E LIMBO
------	-----------------------

- 1 Borda ou limbo foliar crespos (Típico da cultivar Grand Rapids)
- 2 Borda ou limbo foliar muito enrugados
- 3 Borda ou limbo foliar enrugados
- 4 Borda ou limbo foliar pouco enrugados
- 5 Borda ou limbo foliar lisos (Típico da cultivar Regina 71)

234 Fonte: Fiorini et al., 2005.

235

236 A avaliação se deu quando as plantas atingiram o máximo crescimento vegetativo,
237 atingindo o ponto comercial, por volta de 35 dias após o transplante. Neste momento cada
238 planta foi avaliada visualmente, tendo como fenótipos testemunhas as cultivares Regina 71
239 (borda e/ou limbo foliar lisos) e Grand Rapids (borda e/ou limbo foliar crespos). As notas
240 foram atribuídas para cada planta e para cada característica, independentemente. Assim cada
241 planta recebeu uma nota para tipo de borda e outra nota para o tipo de limbo.

242 Desta forma foi caracterizada cada planta para efeito dos estudos de parâmetros
243 genéticos e fenotípicos e para seleção. No caso da seleção, foram identificadas as plantas que
244 apresentaram nota menor ou igual a 2 e as com nota maior ou igual a 4, as quais se
245 assemelhavam respectivamente às plantas da cultivar Grand Rapids e às plantas da cultivar
246 Regina 71. Em seguida todas as plantas permaneceram nos canteiros para avaliação da
247 tolerância ao florescimento precoce.

248 **2.3.2.2 Avaliações para tolerância ao florescimento precoce**

249 Após a fase vegetativa as plantas permaneceram nos canteiros entrando na fase
250 reprodutiva, sendo tutoradas e conduzidas até o momento em que ocorreu a primeira antese
251 das flores. Neste momento foi feita a avaliação para tolerância ao florescimento precoce,
252 anotando-se, para cada planta, o número de dias ocorridos desde a semeadura até a abertura da
253 primeira flor. Caracterizaram-se assim, para efeito dos estudos realizados e para seleção, a
254 maior ou menor tolerância ao florescimento de cada planta individualmente.

255 Conforme a distribuição de frequência das plantas estabeleceram-se cinco intervalos
 256 de número de dias para florescimento, para os quais foram estabelecidas notas de 1 a 5, sendo
 257 a nota 1 para as plantas com florescimento mais rápido e a nota 5 para plantas com
 258 florescimento mais lento. A partir destas notas para NDF foi estabelecido um ponto de
 259 truncagem, acima do qual se encontrava o maior número de plantas da cultivar Regina 71 e
 260 abaixo do qual se classificou o maior número de plantas da cultivar Grand Rapids. Este valor,
 261 então, foi utilizado como limite mínimo para a seleção de plantas tolerantes ao florescimento
 262 precoce.

263 Estas plantas, após a avaliação para tolerância ao florescimento precoce, tiveram suas
 264 sementes colhidas e armazenadas para utilização em etapas posteriores do programa de
 265 melhoramento genético para a cultura da alface.

266 2.3.2.3 Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos

267 Para o estudo do controle genético, após a obtenção dos dados para avaliação de cada
 268 característica, de cada uma das gerações, foram realizadas as análises de variância e obtidas as
 269 estimativas das variâncias fenotípica, genotípica e ambiental; da herdabilidade no sentido
 270 amplo ao nível das médias da geração [F₂ (P₁ x P₂)]; dos coeficientes de variação genotípica
 271 (razão entre os coeficientes de variação genotípica e variação ambiental) e dos ganhos de
 272 seleção e resposta correlacionada, considerando a seleção de 10% dos indivíduos da geração
 273 F₂. As análises foram realizadas utilizando o programa GENES versão 1990.2017.59 (CRUZ,
 274 2005), conforme as fórmulas utilizadas para as estimativas (Quadro 1).

275 QUADRO 1 – Fórmulas utilizadas para estimativa dos parâmetros genéticos:

Parâmetro genético	Fórmula
Média do Genitor 1 - \bar{P}_1	$\bar{P}_1 = \frac{\sum P_1}{n}$

Média do Genitor 2 - \bar{P}_2	$\bar{P}_2 = \frac{\sum P_2}{n}$
Média da geração F ₁ - \bar{F}_1	$\bar{F}_1 = \frac{\sum F_1}{n}$
Média da geração F ₂ - \bar{F}_2	$\bar{F}_2 = \frac{\sum F_2}{n}$
Variância fenotípica - $\sigma_{f(F_2)}^2$	$\sigma_{f(F_2)}^2 = \sigma_{F_2}^2 = \frac{\sum (F_2 - \bar{F}_2)^2}{n - 1}$
Variância genotípica - $\sigma_{g(F_2)}^2$	$\sigma_{g(F_2)}^2 = \sigma_{f(F_2)}^2 - \sigma_{m(F_2)}^2$
Variância ambiental - $\sigma_{m(F_2)}^2$	$\sigma_{m(F_2)}^2 = \frac{V_{P_1} + V_{P_2} + 2V_{F_1}}{4}$
Herdabilidade no sentido amplo - h_a^2	$h_a^2 = \frac{\sigma_{g(F_2)}^2}{\sigma_{f(F_2)}^2} = \frac{\sigma_{g(F_2)}^2}{\sigma_{g(F_2)}^2 + \sigma_{m(F_2)}^2}$
Grau médio de dominância baseado em médias - k_m	$K_m = \frac{2\bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}$
Ganho por seleção - ΔG (%)	$\Delta G (\%) = \frac{\Delta G}{\bar{x}_0}$
Média de todos os possíveis homozigotos - M	$\hat{m} = 1/2 \bar{P}_1 + 1/2 \bar{P}_2$
Medida dos efeitos aditivos - $[a]$	$\hat{a} = \bar{P}_x - 1/2 \bar{P}_1 + 1/2 \bar{P}_2$
Medida dos desvios de dominância - $[d]$	$\hat{d} = \bar{F}_1 - 1/2 \bar{P}_1 + 1/2 \bar{P}_2$

276

277

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

278

3.1 Análise de médias das gerações

279

Tabela 3 – Médias das notas para índice de galhas (ING), tipo de borda (TB), tipo de limbo

280

(TL) e o número de dias para florescimento (NDF) em plantas de populações de alface.

Populações	ING	TB	TL	NDF
Grand Rapids	1,583	1,0	1,0	93,944
Regina 71	4,277	5,0	5,0	115,638
Média dos genitores	2,93	3,0	3,0	104,791
F ₁ (Regina 71 x Grand Rapids)	2,75	3,416	3,333	106,25

F₂ (Regina 71 x Grand Rapids) 2,89 3,660 2,929 106,238

281
 282 Tabela 4 – Amplitude de variação das notas para índice de galhas (ING), tipo de borda (TB),
 283 tipo de limbo (TL) e o número de dias para florescimento (NDF) em plantas de populações de
 284 alface.

Populações	ING	TB	TL	NDF
Regina 71	3 a 5	5	5	103 a 124
Grand Rapids	1 a 3	1	1	89 a 112
F ₂	1 a 5	2 a 5	1 a 5	93 a 134

285
 286 Um requisito importante em programas de melhoramento genético é a escolha de
 287 genitores contrastantes pois, quanto maior o grau de divergência entre os genitores, maior será
 288 a variabilidade resultante na população segregante, e maior a probabilidade de reagrupar os
 289 alelos em novas combinações favoráveis (BARBIERI et al., 2005) com potencial de gerar
 290 linhagens genética e agronomicamente superiores.

291 De acordo com os resultados das análises de gerações obtidas por meio do programa
 292 Genes (CRUZ, 2005) (Tabela 3), verifica-se a que média da cultivar Grand Rapids para NDF
 293 (93,944 dias) comparada com a média da cultivar Regina 71 (115,638 dias), apresentou antese
 294 floral antecipadamente em 22 dias. Essa diferença foi similar à do trabalho de Fiorini et al.
 295 (2005) que encontrou valores de 116,6 dias e 94,0 dias, respectivamente.

296 A cultivar Grand Rapids apresentou valor de média nota de ING de 1,583, essa média
 297 foi três vezes inferior à da cultivar Regina 71 com valor de 4,277. Esse resultado revela o
 298 contraste entre esses genitores e também confirma a resistência ao *Meloidogyne* spp. Da
 299 cultivar Grand Rapids, o que corrobora resultados obtidos por outros autores (GOMES, 1999;
 300 MALUF et al., 2002; FIORINI et al., 2005).

301 A média apresentada pela geração F₁ (2,75) foi ligeiramente inferior à média dos
302 genitores (2,93) para a característica de ING e superior para as características de TB, TL e
303 NDF (3,41, 3,33, 106,25). Os valores médios apresentados pelas plantas da geração F₂ foram
304 inferiores às médias dos genitores (2,93, 3,0, 3,0, 104,791) para as características ING (2,89)
305 e TL (2,9), e superiores para as características TB (3,6) e NDF (106,238 dias). Quanto em
306 comparação aos valores da geração F₁, os valores médios das plantas da geração F₂ foram
307 superiores exceto para tipo de limbo foliar. Enquanto para NDF o valor foi semelhante
308 (Tabela 3).

309 Considerando-se a amplitude de variação para o NDF em plantas da população F₂
310 (tabela 4), foi possível encontrar oito plantas cujos valores de NDF variaram de 125 a 134
311 dias, ou seja, valores superiores ao maior valor de NDF apresentado pelas plantas da cultivar
312 Regina 71, que foi de 124. Entretanto, isso não pode ser observado para as características de
313 TBF, TLF e ING, já que os valores das notas atribuídos aos genitores vão até o limite máximo
314 ou mínimo para cada um, conforme a característica.

315 Estes resultados indicam a ocorrência de segregação transgressiva para a
316 característica de NDF, corroborando resultados encontrados por Silva et al. (1999) e Fiorini et
317 al. (2005). A segregação transgressiva se mostra como um importante resultado em espécies
318 autógamas, como a alface, quando o melhoramento é voltado para a seleção de linhagens
319 puras, pois permite antever a possibilidade de identificar e selecionar plantas superiores em
320 gerações mais avançadas.

321

322 **3.2 Avaliação das estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos**

323 Tabela 5- Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para as características de notas
324 para índice de galhas (ING) causadas por *Meloidogyne spp*, tipo de borda foliar (TBF), tipo

325 de limbo foliar (TLF) e para número de dias para florescimento (NDF) em populações de
326 alface.

Parâmetros	ING	TBF	TLF	NDF
Variância fenotípica - $\sigma_{f(F2)}^2$	0,816	0,546	0,928	39,123
Variância ambiental - $\sigma_{m(F2)}^2$	0,464	0,140	0,209	22,942
Variância genotípica - $\sigma_{g(F2)}^2$	0,352	0,406	0,718	16,181
Herdabilidade no sentido amplo - h_a^2	43,15%	74,29%	77,42%	41,35%
Grau médio de dominância - k_m	-0,134	0,208	0,166	0,134
Medida dos efeitos aditivos - [a]	-1,347	2,0	2,0	10,848
Medida dos desvios de dominância - [d]	-0,18	0,416	0,333	1,459
Ganho por seleção - ΔG	-22,87%	27,19%	47,31%	4,92%
Valor máximo na F_2	5,0	5,0	5,0	134,0
Valor mínimo F_2	1,0	1,0	1,0	93,0

327

328 Os resultados obtidos para os parâmetros genéticos e fenotípicos estimados em plantas
329 de alface das populações F_1 e F_2 originárias do cruzamento entre as cultivares Regina 71 e
330 Grand Rapids, assim como dos próprios genitores, encontram-se apresentados na tabela 5.
331 Para a característica de índice de galhas (ING), relacionada à resistência ao *Meloidogyne* spp.,
332 verifica-se que a variância genotípica ($\sigma_g^2=0,352263$) alcançou um valor que representa uma
333 importante parcela da variância fenotípica ($\sigma_f^2=0,816284$), correspondendo a
334 aproximadamente 43%.

335 Essa estimativa indica que há uma ligeira superioridade da influência do ambiente para
336 esta característica, no entanto, este valor do componente genotípico associado demonstra
337 considerável influência do genótipo. Resultado semelhante foi obtido por Carvalho Filho et al.
338 (2011), ao analisar o controle genético para resistência ao *Meloidogyne incognita* a partir do
339 cruzamento entre as cultivares de alface Grand Rapids e Salinas 88. Neste caso, a relação

340 entre a variância genotípica e a fenotípica foi de aproximadamente 44% para incidência de
341 galhas.

342 Normalmente, a característica de resistência aos nematoides das galhas, em diversas
343 espécies, apresenta uma variação relativamente grande no que diz respeito aos valores das
344 variâncias genotípicas e fenotípicas. Diferentes parâmetros para avaliação da resistência são
345 utilizados e, a maioria deles, mostra que há uma influência ambiental bastante variável,
346 dependendo do parâmetro avaliado e das condições experimentais. No caso do feijoeiro
347 comum, por exemplo, Silva (2022) observou valor da relação entre a variância genotípica e
348 fenotípica de 38,42 % para número de ovos, índice de reprodução, fator de reprodução e
349 redução do fator de reprodução e valor de 58,72% para número de ovos por grama de raiz e
350 índice de reprodução por grama de raiz.

351 Estes valores da relação entre o componente genotípico sobre o fenotípico,
352 correspondem à estimativa da herdabilidade no sentido amplo, o qual, para a característica de
353 ING, no presente trabalho (43%), situa-se próximo de 50%, ou 0,5. Segundo a escala de
354 valores de Stansfield (1974 apud BALDISSERA et al., 2014) os valores de herdabilidade no
355 sentido amplo podem variar de 0 a 100% para diferentes características. Assim, são
356 classificados como altos valores quando maiores que 50%; como médios quando estão entre
357 20 a 50% e baixos quando menores que 20%. Desta forma, o valor de herdabilidade para essa
358 característica é considerado como médio, porém, bem próximo de 50%. Isso corrobora para
359 afirmamos que existe relevância na influência do valor genotípico para esse caso. Para
360 Bepalhok et al. (2007) quanto maior o efeito do ambiente, menos exata será a estimativa do
361 genótipo da planta, conseqüentemente, a seleção de novos genótipos torna-se mais difícil.

362 Este valor de herdabilidade próximo de 50% indica a possibilidade de ganhos na
363 seleção a partir da geração F₂, com a possibilidade de, em gerações mais avançadas, obterem-
364 se novos genótipos de alface tolerantes ao *Meloidogyne* spp.

365 De acordo com a escala proposta por Stuber et al. (1987 apud PEREIRA et al, 2000),
366 para conhecer o efeito genético por meio do grau médio de dominância, considera-se efeito
367 aditivo quando o valor é igual a zero e inferior a 0,20, dominância parcial para valores de 0,21
368 a 0,80, dominância completa para valores de 0,81 a 1,2 e sobredominância para valores
369 maiores que 1,2. Já Ramalho et al. (2012) cita que a razão d/a, ou seja, o valor do desvio de
370 dominância em relação ao efeito aditivo mede o grau de dominância de um gene. Desta
371 forma, se esse valor é zero, indica que há uma interação alélica do tipo aditiva; se for igual a
372 1,0, é porque ocorre uma dominância completa; já para valores situados entre zero e um, tem-
373 se dominância parcial e quando o valor é superior a 1,0, ocorre uma sobredominância.

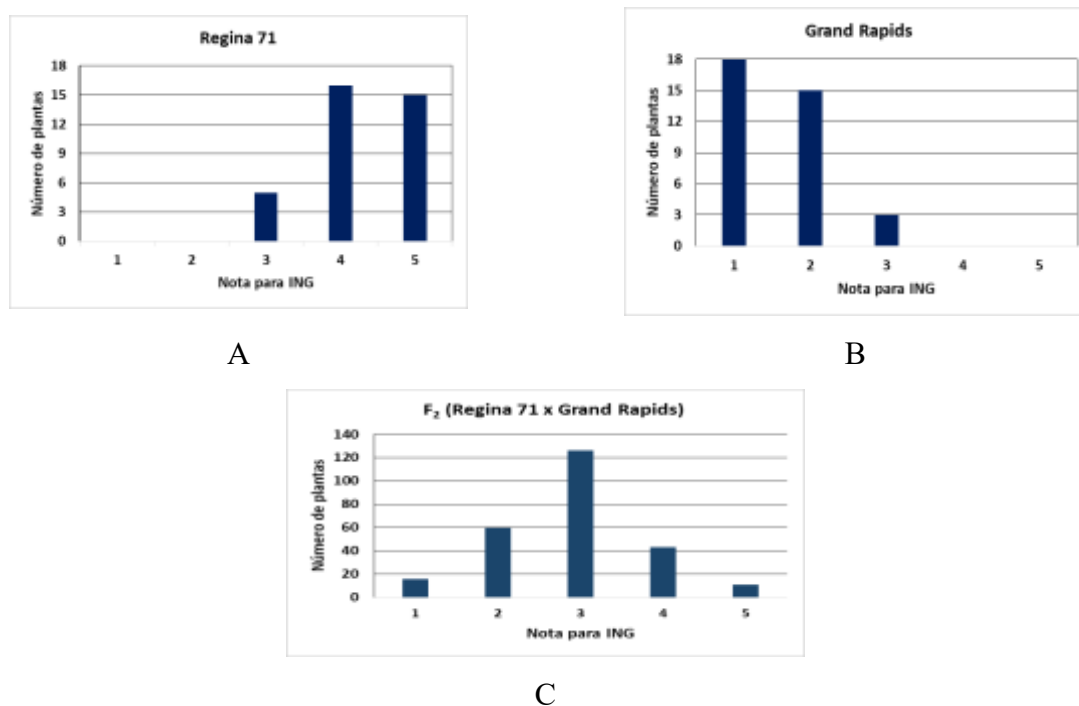
374 Quanto ao valor para o grau médio de dominância obtido (-0,134) (Tabela 5), este
375 aponta para uma interação alélica com efeito aditivo, porém com uma ligeira dominância no
376 sentido de aumentar a resistência ao *Meloidogyne* spp., ao levar à diminuição da incidência de
377 galhas nas raízes. Resultados semelhantes podem ser encontrados nos trabalhos de Gomes
378 (1999) e Maluf et al. (2002), que avaliaram populações oriundas desse mesmo cruzamento
379 para resistência ao *M. incognita* raça 3 e *M. javanica* e também verificaram valores baixos
380 para grau médio de dominância, da ordem de -0,348 e -0,333, respectivamente. No trabalho
381 de Silva (2022), os valores de grau médio de dominância foram mais baixos (- 0,205) para as
382 características de número de ovos, índice de reprodução, fator de reprodução e redução do
383 fator de reprodução e mais elevados (0,647) para número de ovos por grama de raiz e índice
384 de reprodução por grama de raiz.

385 Ao considerar a estimativa dos ganhos por seleção a partir da geração F₂ ('Regina 71'
386 x 'Grand Rapids') com índice de seleção de 10% das plantas que apresentaram os menores
387 valores para índice de galhas, a média obtida dos indivíduos selecionados para maior
388 resistência, ou seja, menor valor para ING, foi de 1,36. Neste caso a predição do ganho por
389 seleção apontou que, após um ciclo, esta média é -22,87% (Tabela 5) inferior à média da

390 população F₂. Esses valores permitem afirmar a possibilidade de ganhos na seleção para a
 391 fixação da característica de resistência aos nematoides das galhas *Meloidogyne* spp.
 392 utilizando-se o ING, a partir do cruzamento entre as cultivares Regina 71, suscetível aos
 393 nematoides das galhas, e Grand Rapids, resistente aos nematoides das galhas.

394 Verifica-se, neste caso, que, com o índice de seleção de 10%, considerando o total de
 395 256 plantas F₂, correspondendo assim a 25 plantas, dezesseis delas apresentaram nota 1 para
 396 ING e as outras nove apresentaram nota 2, o que resultou na média de 1,36 para ING. Se, por
 397 outro lado, considerarmos o ponto de truncagem, correspondente à nota 2, (Figura 3a, 3b e
 398 3c), como valor limite para seleção de plantas, verifica-se que poderiam ser selecionadas 76
 399 plantas na geração F₂ (60 com nota 2 para ING e 16 com nota 1), correspondendo a um índice
 400 de seleção de 29,68%.

401 Figura 3: Distribuição de frequência do número de plantas dos genitores ‘Regina 71’ e ‘Grand
 402 Rapids’ e da geração F₂ para notas para índice de galhas (ING).



403 A utilização do ponto de truncagem, neste caso, pode apresentar uma vantagem
 404 importante, na medida em que, ao selecionar um maior número de indivíduos, mantendo o

405 mesmo nível de resistência (nota 2 para ING), é possível manter uma maior variabilidade
406 genética, o que pode facilitar as seleções futuras para outras características.

407 Quando se considera as características relacionadas ao tipo de folhas da alface, os
408 resultados obtidos na tabela 5 demonstram que as características tipo de borda foliar (TBF) e
409 tipo de limbo foliar (TLF) apresentaram altos valores de variância genotípica, quando
410 comparados com os valores de variância fenotípica. As variâncias genotípicas foram,
411 respectivamente, de $\sigma^2_g = 0,406$ e $\sigma^2_g = 0,718$ para TBF e TLF, enquanto as variâncias
412 fenotípicas foram de $\sigma^2_f = 0,546$ para TBF e $\sigma^2_f = 0,928$ para TLF. Estes resultados mostram
413 uma menor influência do ambiente sobre estas características, já que o componente genotípico
414 representa 74,36% da variância fenotípica para a característica de TBF e 77,37% para o TLF.

415 Segundo Bernal et al. (2007), quanto maior o efeito do ambiente menos exata será
416 a estimativa do genótipo da planta, conseqüentemente, a seleção de novos genótipos torna-se
417 mais difícil.

418 O valor obtido para grau médio de dominância (GMD) para a característica de TBF
419 (0,208) indica a ocorrência de efeito aditivo, porém com uma dominância parcial no sentido
420 de contribuir para bordas das folhas mais lisas, semelhantes a cultivar Regina 71. Quanto ao
421 limbo foliar, o GMD (0,166) para TLF aponta também a presença de interação alélica de
422 efeito aditivo, com uma dominância parcial menor do que para TBF, contribuindo para um
423 limbo menos enrugado. Assim, os efeitos aditivos são predominantes para ambas as
424 características.

425 Para a característica número de dias para florescimento (NDF), o valor da estimativa
426 da variância fenotípica foi de $\sigma^2_f = 39,123$ e da variância genotípica de $\sigma^2_g = 16,181$ (Tabela
427 5). Neste caso, o valor da variância genotípica está correspondendo a aproximadamente
428 41,35% (h^2_a) da variância fenotípica. Esse valor de herdabilidade, seguindo a escala de
429 valores proposta por Stansfield (1974 apud BALDISSERA et al., 2014), é considerado como

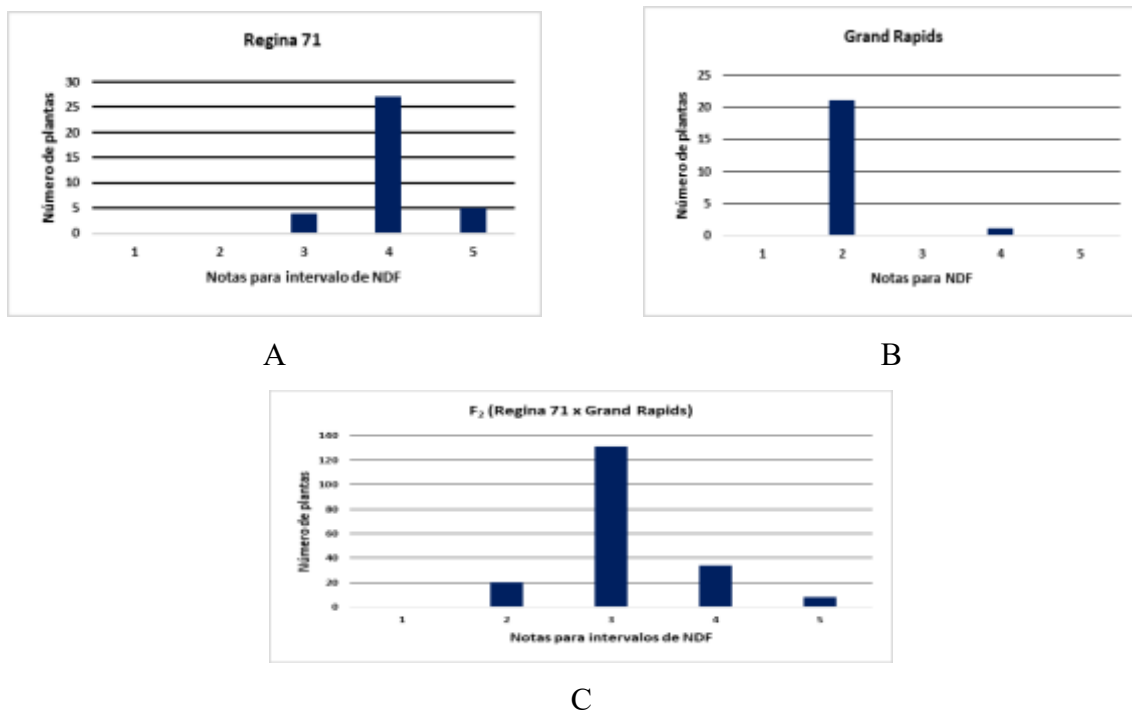
430 médio. Percebe-se a influência do ambiente em maior grau que o genótipo, porém essa
431 diferença é pequena verificando-se uma considerável participação do genótipo para a
432 manifestação dessa característica, indicando a possibilidade de ganhos satisfatórios ao longo
433 do processo de seleção.

434 O grau médio de dominância (GMD) para a característica de NDF apresentou valor de
435 (0,134), demonstrando que a característica apresenta efeito predominantemente aditivo, com
436 um pequeno grau de dominância parcial no sentido de aumentar o número de dias para
437 florescimento. Em alface, um espécie autógama em que se trabalha com cultivares constituída
438 por linhagens puras, o efeito aditivo tem uma maior importância ao permitir ganhos na
439 fixação do caráter desejado ao longo do processo de seleção.

440 A predição do ganho por seleção, utilizando-se um índice de seleção de 10%, o que
441 corresponde a 25 plantas a partir do total de 256 plantas F_2 , mostrou que a média dos
442 indivíduos selecionados será de 118,8 para o início do florescimento, valor este que
443 corresponde a treze dias, aproximadamente 5% (Tabela 5) superior à média da população F_2 ,
444 que foi de 106,2 e três dias superior à média da cultivar Regina 71, que foi de 115,63.

445 Em relação à identificação de plantas superiores para NDF, se for utilizado o ponto de
446 truncagem como referência para seleção, o número de dias para florescimento limite para
447 seleção, seria maior que 110 dias, o qual corresponde à nota 4 (Figura 4 a, b e c).

448
449 Figura 4: Distribuição de frequência do número de plantas dos genitores 'Regina 71' e 'Grand
450 Rapids' e da geração F_2 para notas para intervalos de NDF (nota para número de dias para
451 florescimento).



452 De acordo com a distribuição de frequência do NDF das plantas dos genitores, foram
 453 atribuídas as notas de 1 a 5, correspondendo a nota 1 a plantas com $NDF < 90$; nota 2 para
 454 plantas com $90 < NDF \leq 100$; nota 3 para plantas com $100 < NDF \leq 110$; nota 4 para plantas
 455 com $110 < NDF \leq 120$ e nota 5 pra plantas com $NDF > 120$. Neste caso, seriam selecionadas
 456 as plantas com notas 4 e 5, o que corresponde a 42 plantas (16,4%), ao invés das 25 plantas
 457 (10%), o que poderia ampliar um pouco a variabilidade para outras características. Por outro
 458 lado, porém, a média do NDF destas plantas seria de 116,1 ao invés de 118,8 quando o índice
 459 de seleção foi de 10%. Assim, é importante, em cada caso, avaliar o melhor custo-benefício
 460 para o programa, em vista de se alcançar resultados consistentes com mais segurança, menor
 461 tempo e menor custo.

462 Para a característica de NDF, considerando a herdabilidade relativamente alta,
 463 associada ao efeito predominante aditivo e à ocorrência de segregação transgressiva, pode-se
 464 antever a possibilidade de sucesso na seleção de plantas mais tolerantes ao florescimento
 465 precoce, a partir do cruzamento entre as cultivares Regina 71 e Grand Rapids.

466 3 CONCLUSÃO

467 Existe variabilidade genética para as características de resistência ao *Meloidogyne* spp., tipos
468 de borda e limbo foliares e número de dias para florescimento em população F₂ oriunda do
469 cruzamento entre as cultivares Regina 71 e Grand Rapids, as quais se mostraram contrastantes
470 para tais características; Existem efeitos predominantemente aditivos em relação à estas
471 características tipo de borda foliar, tipo de limbo foliar, índice de galhas e número de dias
472 para florescimento; A herdabilidade no sentido amplo foi alta para as características tipo de
473 borda e limbo foliar e mediana para as características índice de galhas e número de dias para
474 florescimento; Ocorre segregação transgressiva para a característica número de dias para
475 florescimento.

476 REFERÊNCIAS

- 477
478 BALDISSERA, J.N.C. et al. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações
479 480 de plantas autógamas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 2014, v.13, n. 2., p. 181-
480 189.
481
- 482 BARBIERI, R.L. et al. Divergência genética entre populações de cebola com base em
483 marcadores morfológicos. **Ciência Rural**. Santa Maria, 2005, v. 35, n. 2, p.303-308.
484 <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000200009>
485
- 486 BESPALHOK, J.C. et al. Noções de Genética Quantitativa. In: BESPALHOK, J. C. et al.
487 **Melhoramento de Plantas**. Disponível em: :< <https://www.bespa.agrarias.ufpr.br/conteudo>
488 (2007) />. Acesso em: 25 de fevereiro 2023.
489
- 490 BONETTI, JI; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de
491 ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, 1981,
492 v. 6, n. 3, 553 p.
493
- 494 CAMPO & NEGÓCIOS, 2022. Produção de hortaliças folhosas no Brasil. Disponível em:<
495 <https://revistacampoenegocios.com.br/producao-de-hortalicas-folhosas-no-brasil/>>. Acesso
496 em: 31 de março de 2023.
497
- 498 CARVALHO FILHO, J.L.S. de et al. Parâmetros populacionais e correlação entre
499 características da resistência a nematóides de galhas em alface. **Revista Brasileira de**
500 **Ciências Agrárias**. 2011, v. 6, n. 1, p. 46-51. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i1a819>
501
- 502 CARVALHO, J.E. et al. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em
503 Ji-Paraná/RO. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. 2005, v.29, p.935-939.
504 <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000500003>
505

- 506 CHITWOOD, D.J. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United
507 States Department of Agriculture - Agricultural Research Service. **Pest Management**
508 **Science**. West Sussex, 2003, v. 59, p. 748-753. <https://doi.org/10.1002/ps.684>
509
- 510 CRUZ, C.D. **Programa genes – Versão Windows: aplicativo computacional em genética e**
511 **estatística**. 21 ed.. Viçosa: UFV, 2005. 648 p.
512
- 513 Novas cultivares de alface crespa suportam até dez dias mais o calor. **Empresa Brasileira de**
514 **Pesquisa Agropecuária– EMBRAPA**. 2019. Disponível em:<
515 [https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45214606/novas-cultivares-de-alface-](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45214606/novas-cultivares-de-alface-crespa-suportam-ate-dez-dias-mais-o-calor)
516 [crespa-suportam-ate-dez-dias-mais-o-calor](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45214606/novas-cultivares-de-alface-crespa-suportam-ate-dez-dias-mais-o-calor)> Acesso em: 25 de fevereiro 2023.
517
- 518 FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção**
519 **e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.
520
- 521 FIORINI, C.V.A et al. Avaliação de populações F2 de alface quanto à resistência aos
522 nematoides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira**,
523 Brasília, 2005, v. 23., n. 2., p. 299-302. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200027>
524
- 525 GHINI, R et al.. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes**
526 **culturas no Brasil**. 1 ed.. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 356 p.
527
- 528 GOMES, L.A.A. **Herança da resistência da alface (Lactuca sativa L.) cv. Grand Rapids**
529 **ao nematóide de galhas Meloidogyne incognita (Kofoid & White) Chitwood**. 1999. 70 f.
530 (Tese doutorado). UFLA, Lavras, Minas Gerais, 1999.
531
- 532 HENZ, G.P.; SUINAGA, F.A. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa
533 Hortaliças, 2009. 1-7 p.
534
- 535 LOPES, C.A.; DUVAL, A.M.G. **Doenças da alface**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2010. p.1-
536 70.
537
- 538 Genome. **NCBI**. Disponível em: < [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/data-](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/data-hub/genome/?taxon=4236)
539 [hub/genome/?taxon=4236](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/data-hub/genome/?taxon=4236)>. Acesso em 31 março de 2023.
540
- 541 MACHADO, A.C.Z. Ataques de nematoides custam R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro.
542 **Revista Agrícola**. 2015. Disponível em: <[http://www.ragricola.com.br/destaque/ataques-de-](http://www.ragricola.com.br/destaque/ataques-de-nematois-des-custam-r35-bilhoes-ao-agronegocio-brasileiro)
543 [nematois-des-custam-r35-bilhoes-ao-agronegocio-brasileiro](http://www.ragricola.com.br/destaque/ataques-de-nematois-des-custam-r35-bilhoes-ao-agronegocio-brasileiro)>. Acesso em: 25 fevereiro 2023.
544
- 545 MALUF, W.R et al. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne*
546 *javanica* in lettuce. **Genetics and Molecular Research**. 2002, v.1, p.64-71.
547 <https://doi.org/10.4238/vol1-1gmr006>
548
- 549 PEREIRA, N.E et al. Controle genético da concentração de 2-Tridecanona e de 2-Undecanona
550 em cruzamentos interespecíficos de tomateiro. **Bragantia**, Campinas, 2000. v. 59, n. 2, p.
551 165-172. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052000000200007>
552
- 553 PINHEIRO, J.B. et al. **Manejo de nematoides na cultura da alface**. Brasília, DF: Embrapa
554 Hortaliças, 2013. p.1-8.

- 555
556 RAMALHO, M.A.P. et al. **Genética na agropecuária**. 5. ed.. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2012.
557 565 p.
558
- 559 RIBEIRO, A.C. et al.. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas**
560 **Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas
561 Gerais, 1999. 359 p.
562
- 563 RODRIGUES, P. A importância nutricional das hortaliças. **Hortaliças em revista**. Brasília,
564 DF: Embrapa Hortaliças, 2012. n 2., p.1-9.
565
- 566 SASSER, J.N.; CARTER, C.C. **An Advanced Treatise on Meloidogyne**. Biology and
567 Control. IMP, North Carolina State University Graphics, 1985, v. 1, 422 p.
568
- 569 SALA, F.C.; NASCIMENTO, W.M. **Produção de sementes de hortaliças**. 2.ed. Brasília,
570 DF: Embrapa, 2014. 17-42 p.
571
- 572 SALA, F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira.
573 **Horticultura Brasileira**.v.30, n. 2, p. 187-194, abr./jun. 2012. [https://doi.org/10.1590/S0102-](https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002)
574 [05362012000200002](https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002)
575
- 576 SILVA, S. **Parâmetros genéticos da resistência ao nematoide das galhas em Phaseolus**
577 **vulgaris L.** 2022. 43 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal
578 de Lavras, Lavras, Lavras, 2022.

4 CONCLUSÃO

Os valores de herdabilidade no sentido amplo altos para as características tipo de borda e limbo foliar e medianos para as características índice de galhas e número de dias para florescimento, ocorrência de segregação transgressiva para característica de números de dias de florescimento e a predominância de efeitos aditivos para todas as características, permite antever a possibilidade de sucesso na seleção de novos genótipos superiores.

O cruzamento entre a cultivar Regina 71 e Grand Rapids é viável para obtenção de novas cultivares com melhores desempenhos produtivo.

REFERÊNCIAS

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Brasília: MAPA, 2022. Disponível em <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons > Acesso em: 25 novembro 2022.

ALVES, V.A.C. **Análise genética do teor de flavonoides totais e atividade antioxidante em alface**. 2020. 76 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2020.

ASSUNÇÃO, M.C. **Levantamento de *Meloidogyne* spp. em áreas de cultivo de alface na região agreste do estado de Alagoas**. 2016. 50 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas)-Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo. Alagoas, 2016.

BAIDA, F.C. et al. Reação de linhagens de feijão-vagem ao *Meloidogyne javanica* e *M. paranaensis* em casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 2, p. 237-241, 2011. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.6146>

BALDISSERA, J.N.C. et al. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações 480 de plantas autógamas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 2014, v.13, n.2, p. 181-189.

BÁRBARO, I.M. et al. Variabilidade e correlações entre produtividade de grãos e caracteres agrônômicos de soja com aptidão para cultivo em áreas de reforma de canavial. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p.136 -145, jul./dez. 2007.

BESPALHOK, J.C. et al. Noções de Genética Quantitativa. In: BESPALHOK, J. C. et al. **Melhoramento de Plantas**. Disponível em: www.bespa.agrarias.ufpr.br/conteudo (2007). Acesso em: 25 de fevereiro 2023.

BONETTI, J.I; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v.6, n.3, p.553, 1981.

CABRAL, C.S. **Análise genética da resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. lactucae raça 1 em alface: aplicação de marcadores do tipo RGA e de SNPs derivados de genotyping-by-sequencing**. 2016.165 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

Produção de hortaliças folhosas no Brasil. **Campo & Negócios**. 2022. Disponível em:< <https://revistacampoenegocios.com.br/producao-de-hortalicas-folhosas-no-brasil/>>. Acesso em: 31 de março de 2023.

CARVALHO, J.E et al. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v.29, p.935-939, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000500003>

CARVALHO FILHO, J.L.S. de et al. Inheritance of resistance of ‘Salinas 88’ lettuce to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Agrociência**. v. 14, p. 279-289, 2008.

CARVALHO FILHO, J.L.S. de et al. Parâmetros populacionais e correlação entre características da resistência a nematóides de galhas em alface. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 6, n. 1, p. 46-51, 2011.

CHARCHAR, J.M. *Meloidogyne* em hortaliças. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL; CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA, 19; ENCONTRO ANUAL DA ORGANIZAÇÃO DOS NEMATOLOGISTAS DA AMÉRICA TROPICAL, 27., 1995, Rio Quente. **Programa e anais...** Rio Quente: SBN/ONTA, 1995. p.149-153.

CHARCHAR, J.M.; MOITA, A.W. **Metodologia de seleção de hortaliças com resistência a nematóides: alface/*Meloidogyne* spp.** Brasília DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 8 p. (Comunicado Técnico no. 27).

CHITWOOD, D. J. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service. **Pest Management Science**. West Sussex, v. 59, p. 748-753, 2003. <https://doi.org/10.1002/ps.684>

CRUZ, C. D. **Programa genes – Versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. 21 ed. UFV: Viçosa, 2005. 648 p.

CRUZ, C.D et al.. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

DOMINGUES, S. C. de O. et al.. Ação de agentes biológicos no controle de fitonematóides em alface. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, 2022. v.10, n. 2, p.157–166. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v10n2.domingues>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Novas cultivares de alface crespa suportam até dez dias mais o calor. 2019. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45214606/novas-cultivares-de-alface-crespa-suportam-ate-dez-dias-mais-o-calor>.> Acesso em: 25 de fevereiro 2023.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FIORINI, C. V. A et al. Avaliação de populações F2 de alface quanto à resistência aos nematóides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 2005, v. 23, n. 2, p. 299-302. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200027>

FRANCO, F.P.; GOMES, L.A.A; SANTOS, V.P. **Produção de sementes de alfaves**. Lavras: UFLA, 2018. 21 p.

GHINI, R et al.. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. 1 ed.. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 356 p.

GOMES, L.A.A. **Herança da resistência da alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Grand Rapids ao nematóide de galhas *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood**. 1999. 70 f. (Tese doutorado). UFLA, Lavras, Minas Gerais, 1999.

GOMES, L.A.A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P. I. Inheritance of the resistant reaction of the lettuce cultivar 'Grand Rapids' to the southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Euphytica**. v.114, p.37-46, 2000.

HENZ, G.P.; SUINAGA, F.A. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. p. 1-7.

LOPES, C. A.; DUVAL, A.G. **Doenças da alface**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2010. p.1-70.

MACHADO, A.C.Z. Ataques de nematoides custam R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro. **Revista Agrícola**. 2015. Disponível em: <<http://www.ragricola.com.br/destaque/ataques-de-nematoi-des-custam-r35-bilhoes-ao-agronegocio-brasileiro>>. Acesso em: 25 fevereiro 2023.

MALUF, W.R et al. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. **Genetics and Molecular Research**. v. 1, p. 64-71, 2002. <https://doi.org/10.4238/vol1-1gmr006>

MALUF, W.R. Melhoramento genético da alface (*Lactuca sativa* L.). **Melhoramento Genético de Hortaliças**. Lavras: UFLA, 1994. 189 p.

MELO, A. M. T.; MELO, P. C. T.. Hiroshi Nagai (1935-2003): sua vida e contribuições à olericultura. **Horticultura Brasileira**. 2003, v. 21, n. 4, 734 p. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000400034>

MENEZES, N. L de; SANTOS, O. S. dos; SCHMIDT, D. Produção de sementes de alface em cultivo hidropônico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.4, p.705-706, jul. 2001. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000400025>

NAGAI, H.; LISBÃO, R. S. Observação sobre resistência ao calor em alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista de Olericultura**. Botucatu, v. 13, p. 27-28, 1980.

Genome. **NCBI**. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/data-hub/genome/?taxon=4236>>. Acesso em 31 março de 2023.

OLIVEIRA, C.M.G et al. Nematoides. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T. et al. **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018, p. 315-338. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0011>

OLIVEIRA, C.M.G.; ROSA, J.M.O. **Programa de Sanidade em Agricultura Familiar: Nematoides parasitos da alface**. 2019. Disponível em:<http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/files/pdf/proaf/apostilas/nematoides_alface.pdf>. Acesso em: 25 fevereiro 2023.

PAULA FILHO, A.C. **Utilização de nematocidas biológicos para o controle de nematoides de galhas na cultura da alface.** 2022. 50 f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, Morrinhos, Goiás, 2022.

PAULA, R.C. de et al. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 159-165, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000200007>

PEREIRA, N.E et al. Controle genético da concentração de 2-Tridecanona e de 2-Undecanona em cruzamentos interespecíficos de tomateiro. **Bragantia**. Campinas, 2000, v. 59, n. 2, p. 165-172. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052000000200007>

PINHEIRO, J. B. et al. **Manejo de nematoides na cultura da alface.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013. 1-8 p.

RAMALHO, M.A.P. et al. **Genética na agropecuária.** 5. ed.. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2012. 565 p.

RESENDE, G.M. et al. Qual cultivar?. **Cultivar Hortaliças e Frutas.** 2015. p. 9-11. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125472/1/Milanez.pdf>>. Acesso em: 25 fevereiro 2023.

RIBEIRO, A.C. et al. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RODRIGUES, P. A importância nutricional das hortaliças. **Hortaliças em revista.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. n 2., p. 1-9 p.

RYDER, E.J. **Lettuce breeding.** Westport, Connecticut: AVI Publishing, p.433-474. 1986.

Alface mimosa. **SAKATA.** Disponível em: <<https://www.sakata.com.br/hortaliças/folhosas/alface/mimosa-verde/mimosa>>. Acesso em: 31 março 2023.

SALA; C. *In* Melhoramento de alface. NICK, CARLOS; BORÉM, ALUÍZIO. **Melhoramento de hortaliças.** 1.ed. Viçosa, MG: UFV, 2016. v 1, p. 17-42.

SALA, F.C. Melhoramento genético de alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Anais...** Viçosa, MG: ABH, 2011. p. 5813-5827. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_5/Fernando_sala_Melhoramento_Alface.pdf>. Acesso em: 20 fevereiro 2023.

SALA, F.C.; NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de hortaliças.** 2.ed. Brasília, DF: Artmed Embrapa, 2014. v. 1, p. 17-42.

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

SASSER, J. N.; CARTER, C. C. **An Advanced Treatise on Meloidogyne**. Biology and Control. IMP, North Carolina State: University Graphics, 1985. v. 1, 422p.

Alface. **Sementes Feltrin**. Disponível em: <<https://www.sementesfeltrin.com.br/produtos?linha=1&especie=93>>. Acesso em: 31 março 2023.

SILVA, E.C et al. Inheritance of bolting tendency in lettuce *Lactuca sativa* L. **Euphytica**. v. 109, p. 1-7, 1999.

SILVA, R.R et al. Linhagens de alface-crespa para o verão resistentes ao *Meloidogyne javanica* e ao vírus mosaico-da-alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43, p.1349-1356, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001000013>

SILVA, S. **Parâmetros genéticos da resistência ao nematoide das galhas em *Phaseolus vulgaris* L.** 2022. 43 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2022.

SOUZA, M.C.M et al. Variabilidade genética para características agrônômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**. v. 26, p. 354-358, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000300012>

SOUZA, R.F. et al. Práticas de Genética. **Biologia Molecular, Biotecnologia e Evolução**. EDUEL, 2019, 240 p.

TRANI, P.E. et al. Hortaliças Alface (*Lactuca sativa* L.). Informações tecnológicas. **Instituto Agrônomo – IAC (Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Horticultura)**. 2005 Disponível em:<https://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/32.pdf>. Acesso em: 25 fevereiro 2023.

VARGAS, A.D. et al. Eficiência de fluensulfone no controle populacional de *M. javanica* em pimenta-do-reino após transplante. **Revista Univap**. 2017, v. 22, n. 40, 525 p. <https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.1134>

VENCOVSKY, R.. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P.. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 137-209.

VON DER PAHLEN, A.; CRNKO, J. El virus del mosaico de la lechuga (*Marmor lactucae* Holmes) en Mendoza y Buenos Aires. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**. Buenos Aires, 1965, v. 11, p. 25-31.

ANEXO A-Diretrizes para Autores-Revista Agropecuária Tropical

Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT) é o periódico científico editado pela Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em versão eletrônica (e-ISSN 1983-4063). Destina-se à publicação de Artigos Científicos cuja temática tenha aplicação direta na agricultura tropical. A submissão de Notas Técnicas e Comunicações Científicas não é aceita e Artigos de Revisão somente são publicados a convite do Conselho Editorial. Também não é aceita a submissão de manuscritos já publicados em anais de congressos ou depositados em servidores *preprint*.

A submissão de trabalhos é gratuita e deve ser feita exclusivamente via sistema eletrônico, acessível por meio do endereço <https://www.revistas.ufg.br/pat>. Os autores devem cadastrar-se no sistema e manifestar, por meio de documento (ver sugestão de modelo) assinado por todos, escaneado e inserido no sistema como documento suplementar (mesmo local onde foi inserido o texto do artigo, cabeçalho “Outros”, sempre preservando o histórico), anuência acerca da submissão e do conhecimento da política editorial e diretrizes para publicação na revista PAT (caso os autores morem em cidades diferentes, mais de um documento suplementar pode ser inserido no sistema, pelo autor correspondente). Os dados de todos os autores devem ser inseridos no sistema (ao clicar na opção "Incluir coautor", no ato da submissão, novos campos se abrirão).

A revista PAT recomenda a submissão de artigos com, no máximo, 5 (cinco) autores. A partir deste número, uma descrição detalhada da contribuição de cada autor deve ser encaminhada ao Conselho Editorial (nota: a mera participação na tomada de dados, ou apoio de natureza infraestrutural, não justifica autorias, embora possa merecer crédito na seção Agradecimentos). Após a submissão, não será permitida a inclusão de novos coautores.

Durante a submissão *on-line*, o autor correspondente deve atestar, ainda, em nome de todos os autores, a originalidade do trabalho, a sua não submissão a outro periódico, a conformidade com as características de formatação requeridas para os arquivos de dados, bem como a concordância com os termos da Declaração de Direito Autoral, que se aplicará em caso de publicação do trabalho. Se o trabalho envolveu diretamente animais ou seres humanos como sujeitos da pesquisa, deve-se comprovar a sua aprovação prévia por um comitê de ética

em pesquisa. Caso haja fontes potenciais de conflito de interesse (qualquer interesse ou relacionamento, financeiro ou não, que possa influenciar nos resultados de uma pesquisa; por exemplo, financiamento proveniente de uma entidade comercial, interesse comercial na publicação, participação em conselho de administração ou comitê consultivo de uma empresa ligada diretamente à pesquisa, patentes concedidas ou pedidos pendentes), os autores devem reportá-las, sob pena de rejeição do manuscrito, ou outras sanções cabíveis. Por fim, deve-se incluir os chamados metadados (informações sobre os autores e sobre o trabalho, tais como título, resumo, palavras-chave - somente no idioma do manuscrito) e transferir os arquivos com o manuscrito e documento suplementar (anuência dos Autores).

Os trabalhos podem ser escritos em Português ou Inglês, entretanto, serão publicados apenas em Inglês. Logo, em caso de submissão em Português e aprovação para publicação, a versão final do manuscrito deverá ser traduzida por especialista em Língua Inglesa (preferencialmente falante nativo), sendo que a tradução ficará a cargo dos autores, sem qualquer ônus para a revista.

Os manuscritos devem ser apresentados em até 18 páginas. O texto deve ser editado em *Word for Windows* (tamanho máximo de 2MB, versão .doc) e digitado em página tamanho A-4 (210 mm x 297 mm), com margens de 2,5 cm, em coluna única e espaçamento duplo entre linhas (inclusive para tabelas, cabeçalhos, rodapés e referências). A fonte tipográfica deve ser *Times New Roman*, corpo 12. O uso de destaques como negrito e sublinhado deve ser evitado. Também, devem ser evitadas siglas desnecessárias no decorrer do texto, pois tornam a leitura confusa e cansativa. Todas as páginas e linhas devem ser numeradas. Os manuscritos submetidos à revista PAT devem, ainda, obedecer às seguintes especificações:

1. Os Artigos Científicos devem ser estruturados na ordem: Título (máximo de 20 palavras); Resumo (máximo de 250 palavras; um bom resumo primeiro apresenta o problema para, depois, apresentar os objetivos do trabalho); Palavras-chave (no mínimo, três palavras, e, no máximo, cinco, separadas por vírgula); Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusões; e Referências. Título, Resumo e Palavras-chave podem ser apresentados apenas no idioma do manuscrito, neste estágio. Chamadas relativas ao título do trabalho e os nomes dos Autores, com suas afiliações e endereços (incluindo e-mail) em notas

de rodapé, bem como agradecimentos, somente devem ser inseridos na versão final corrigida do manuscrito, após sua aceitação definitiva para publicação.

2. As citações devem ser feitas no sistema "autor-data". Apenas a inicial do sobrenome do Autor deve ser maiúscula e a separação entre Autor e ano é feita somente com um espaço em branco. Ex.: (Gravena 1984, Zucchi 1985). O símbolo "&" deve ser usado no caso de dois autores e, em casos de três ou mais, "et al.". Ex.: (Gravena & Zucchi 1987, Zucchi et al. 1988). Caso o(s) autor(es) seja(m) mencionado(s) diretamente na frase do texto, utiliza-se somente o ano entre parênteses. Citações de citação (citações secundárias) devem ser evitadas, assim como as seguintes fontes de informação: artigo em versão preliminar (no prelo ou preprint) ou de publicação seriada sem sistema de arbitragem; resumo de trabalho ou painel apresentado em evento científico; comunicação oral; informações pessoais; comunicação particular de documentos não publicados, de correios eletrônicos, ou de sites particulares na Internet.

3. As referências devem ser organizadas em ordem alfabética, pelos sobrenomes dos Autores, de acordo com a norma NBR 6023:2018, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com a seguinte adequação: não é necessária a inclusão da cidade após os títulos de periódicos. Os destaques para títulos devem ser apresentados em itálico e os títulos de periódicos não devem ser abreviados.

4. As tabelas (também com corpo 12 e espaçamento duplo) e figuras, dispostas no decorrer do texto, devem ser identificadas numericamente, com algarismos arábicos, e receber chamadas no texto. As tabelas devem ser editadas em preto e branco, com traços simples e de espessura 0,5 ponto (padrão *Word for Windows*), e suas notas de rodapé exigem chamadas numéricas. Expressões como "a tabela acima" ou "a figura abaixo" não devem ser utilizadas. As figuras devem ser apresentadas com resolução mínima de 300 dpi.

5. A consulta a trabalhos recentemente publicados na revista PAT (<https://www.revistas.ufg.br/pat>) é uma recomendação do corpo de editores, para dirimir dúvidas sobre estas instruções e, conseqüentemente, agilizar a publicação.

6. Os Autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos na revista PAT, pois devem abrir mão de seus direitos autorais em favor deste periódico. Os conteúdos publicados, contudo, são de inteira e exclusiva responsabilidade de seus Autores, ainda que reservado aos Editores o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação. Por outro lado, os Autores ficam autorizados a publicar seus artigos, simultaneamente, em repositórios da instituição de sua origem, desde que citada a fonte da

publicação original na revista PAT. Ainda, visando assegurar a preservação, permitir a reutilização e atestar a reprodutibilidade das conclusões de cada estudo publicado, o Comitê Editorial recomenda e estimula a publicação em repositórios públicos, pelos autores, dos dados de pesquisa e/ou códigos de programação utilizados na análise dos dados, explicitando sua vinculação à publicação na revista PAT.

7. Endereço e contatos:

Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT)

Escola de Agronomia Universidade Federal de Goiás

Caixa Postal 131 - Campus II (Samambaia)

CEP 74.001-970 - Goiânia, GO - Brasil

E-mail: gilsonrevistaufg@gmail.com

Telefone: (62) 3521-1552

Homepage: <http://www.agro.ufg.br/pat> ou www.revistas.ufg.br/index.php/pat

Declaração de Direito Autoral

Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos na revista PAT, pois devem abrir mão de seus direitos autorais em favor deste periódico. Os conteúdos publicados, contudo, são de inteira e exclusiva responsabilidade de seus autores, ainda que reservado aos editores o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação. Por outro lado, os autores ficam autorizados a publicar seus artigos, simultaneamente, em repositórios da instituição de sua origem, desde que citada a fonte da publicação original na revista PAT.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.