

ALISSON HENRIQUE GAMA DE OLIVEIRA

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA PIGMENTOS FOLIARES E
CARACTERES AGRONÔMICOS EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE ALFACE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em
Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para
obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

Co-orientador

Profa. Dra. Ana Carolina Silva Siqueroli

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

ALISSON HENRIQUE GAMA DE OLIVEIRA

ESTIMATIVAS DE PARAMETROS GENÉTICOS PARA PIGMENTOS FOLIARES
E CARACTERES AGRONÔMICOS EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE ALFACE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2019.

Profa. Dra. Ana Carolina Silva Siqueroli
(co-orientadora)

UFU

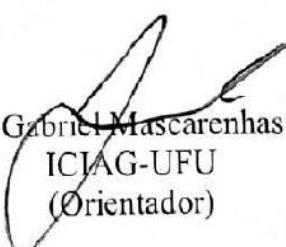
Prof. Dr. Flávio Tetsuo Sasaki

UFU

Prof. Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes

UFLA

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel
ICIAG-UFU
(Orientador)



UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

O48e
2019

Oliveira, Alisson Henrique Gama de, 1994

Estimativas de parametros genéticos para pigmentos foliares e
caracteres agronômicos em diferentes populações de alface [recurso
eletrônico] / Alisson Henrique Gama de Oliveira. - 2019.

Orientador: Gabriel Mascarenhas Maciel.

Coorientadora: Ana Carolina Silva Siquieroli.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1303>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. 2. Alface - Melhoramento genético. 3. Clorofila. 4. Genética vegetal. I. Maciel, Gabriel Mascarenhas, 1982, (Orient.). II. Siquieroli, Ana Carolina Silva, 1982, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção, força e a oportunidade concedida mesmo diante de situações difíceis.

À minha família pelo carinho, apoio e compreensão em todos os momentos, em especial aos meus pais.

Aos meus orientadores Gabriel Mascarenhas Maciel e Ana Carolina Silva Siquieroli pelos ensinamentos.

Aos amigos do Grupo de Estudos em Melhoramento Genético de Hortaliças (GEN-HORT) que sempre se dispuseram a ajudar e foram essenciais para a conclusão dos experimentos.

Ao senhor José Marques Vilela, por auxiliar na condução dos experimentos e ser sempre muito prestativo.

Aos colegas de pós-graduação e graduação, Patrícia, Renan, Camila, Lucas, Aline, Ana Carolina pelo convívio e por fazerem dessa caminhada mais leve.

Aos integrantes da banca examinadora, por aceitarem o convite e disponibilizarem parte de seu tempo para avaliação desse trabalho.

Aos docentes do programa de pós-graduação em Agronomia da UFU pelos ensinamentos e contribuição científica.

À Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade em realizar o mestrado.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

Resumo	I
Abstract.....	II
CAPÍTULO I - Estimativas de parâmetros genéticos para teor de clorofila e caracteres agronômicos em diferentes populações de alface	1
Resumo	2
Abstract.....	3
1 Introdução.....	4
2 Material e métodos	5
3 Resultado e discussões	9
4 Conclusões.....	18
Referências bibliográficas	19
CAPÍTULO II - Estimativas de parâmetros genéticos para pigmentos e caracteres agronômicos em alface crespa verde versus roxa	21
Resumo	22
Abstract.....	23
1 Introdução.....	24
2 Material e métodos	25
3 Resultados e discussões.....	28
4 Conclusões.....	33
Referências bibliográficas	35

RESUMO

DE OLIVEIRA, ALISSON HENRIQUE GAMA. **Estimativas de parâmetros genéticos para pigmentos foliares e caracteres agronômicos em diferentes populações de alface.** 2019. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹

O conhecimento sobre a natureza e magnitude dos efeitos gênicos que governam determinada característica são essenciais para a orientação e escolha do melhor método de seleção em gerações iniciais e avançadas de alface (*Lactuca sativa*). O presente estudo objetivou estudar as bases genéticas responsáveis pela expressão de pigmentos foliares e caracteres agronômicos em alface. O estudo foi conduzido de fevereiro de 2017 a junho de 2018 na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, MG. Os parentais P₁ e P₂ e gerações F₁, F₂, e retrocruzamentos Bc₁ e Bc₂ foram avaliados em condições de campo, no delineamento genético de análise de gerações. Estimou-se parâmetros genéticos: variâncias fenotípicas, genotípicas, ambientais, aditivas e de dominância; herdabilidades no sentido amplo e restrito; grau médio de dominância e número mínimo de genes envolvidos na expressão das características: teor de clorofila, teor de antocianina, número de folhas e diâmetro de plantas. O teor de clorofila dos genótipos de alface foi influenciado expressivamente pelo ambiente, enquanto que as demais características apresentaram maior influência de fatores genotípicos no fenótipo. Para as características número de folhas e diâmetro de planta, houve maior proporção da variância genética aditiva na expressão do fenótipo. Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito foram considerados altos ou medianos para número de folhas e alto para o teor de antocianina. Todas as características demonstraram ser de natureza poligênica. Os parâmetros genéticos principais (m, a e d), explicam majoritariamente o comportamento observado na geração F₂.

Palavras-chave: teor de clorofila, herdabilidade no sentido restrito, bases genéticas.

¹ Comitê orientador: Gabriel Mascarenhas Maciel – UFU (Orientador) e Ana Carolina Silva Siquieroli (Co-orientadora) - UFU.

ABSTRACT

DE OLIVEIRA, ALISSON HENRIQUE GAMA. **Estimates of genetic parameters for leaf pigments and agronomic characters in different lettuce populations.** 2019. 41p. Dissertation (Master Program in Agronomy / Crop Science) - Federal University of Uberlândia, Uberlândia¹

The knowledge about the nature and magnitude of gene effects that govern certain characteristic are, are essential for the guidance and choice of the best method of selection in early generations and advanced lettuce (*Lactuca sativa*). The present study aimed to investigate the genetic bases responsible for the expression of leaf pigments and agronomic characters in lettuce. The study was carried out from February 2017 to June 2018 at the Horticultural Experiment Station of the Federal University of Uberlândia (UFU), Monte Carmelo Campus, state of Minas Gerais. The parentals P1 and P2 and generations F1, F2, and backcrosses Bc1 and Bc2 were evaluated in field conditions in a randomized genetic analysis of generations. It is estimated genetic parameters: variances phenotypic, genotypic, environmental, additive and dominance; in the broad sense heritability and narrow sense; average degree of dominance and minimum number of genes involved in the expression of the characteristics: chlorophyll content, anthocyanin content, leaf number and diameter of plants. The chlorophyll content of lettuce genotypes was significantly influenced by the environment, while the remaining characteristics presented greater influence of genotypic factors in the phenotype. For the features number of leaves and plant diameter there was a greater proportion of the additive genetic variance in the expression of the phenotype. The coefficients of heritability in the narrow sense were considered high or medium for number of leaves and high for the anthocyanin content. All characteristics proved to be polygenic in nature. The main genetic parameters (m, a and d), explains mostly the behavior observed in the F2 generation.

Keywords: chlorophyll content, narrow sense heritability, genetic bases.

¹Guidance Committee: Gabriel Mascarenhas Maciel – UFU (Advisor) and Ana Carolina Silva Siquieroli – UFU (Co-Advisor).

CAPÍTULO I

**ESTIMATIVAS DE PARAMETROS GENÉTICOS PARA TEOR DE CLOROFILA E
CARACTERES AGRONÔMICOS EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE ALFACE**

ESTIMATIVAS DE PARAMETROS GENÉTICOS PARA TEOR DE CLOROFILA E CARACTERES AGRONÔMICOS EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE ALFACE

RESUMO

O crescente mercado de folhas de alface (*Lactuca sativa L.*) processadas no Brasil tem despertado novas oportunidades, inclusive a busca por cultivares que aliam características agronômicas e funcionais. Entretanto, a falta do conhecimento dos parâmetros genéticos e o tipo de ação gênica que governam essas características implicam em dificuldades de se obter genótipos que atendam a essa demanda. O objetivo do estudo foi determinar o tipo de ação gênica envolvido com os teores de clorofila e características agronômicas em alface. A pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, MG. Para realizar os cruzamentos e obtenção das gerações P₁, P₂, F₁, F₂, Bc₁ e Bc₂ foram utilizados os genótipos UFU-Albina#2, UFU-Albina#3, UFU-Lisa124#2#1, UFU-Crespa199#1#1 e UFU-Lisa217#5#2 como parentais. As gerações foram avaliadas para três características (número de folhas, diâmetro de plantas e teor de clorofila). Foram estimados os parâmetros: variância genética, ambiental, fenotípica, aditiva, dominância em F₂, herdabilidade no sentido amplo, herdabilidade no sentido restrito, grau médio de dominância baseado em médias, número de genes, medida dos desvios da dominância, medida dos efeitos aditivos, medida de todas interações do tipo aditiva x aditiva, medida de todas interações do tipo aditiva x dominante e medida de todas interações do tipo dominante x dominante. Dentre as três características avaliadas o teor de clorofila foi a característica mais influenciada pelo ambiente. O diâmetro de planta apresentou a maior herdabilidade no sentido restrito para o cruzamento UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 (82,1%). O número de genes para o número de folhas oscilou desde valores inconclusivos até um mínimo de 9 genes. Conclui-se que as interações gênicas para número de folhas demonstraram ser do tipo sobredominância enquanto que para diâmetro de plantas e teor de clorofila do tipo dominância parcial. Sugere-se que as características avaliadas são de natureza poligênica ou oligogênica.

Palavras-chave: Herdabilidade, Número de genes, Efeitos aditivos.

ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS FOR CHLOROPHILA CONTENT AND AGRONOMIC CHARACTERS IN DIFFERENT LETTUCE POPULATIONS

ABSTRACT

The growing market for leaves of lettuce (*Lactuca sativa L.*) processed in Brazil has aroused new opportunities, including the search for cultivars that combine agronomic characteristics and functional. However, the lack of knowledge of the genetic parameters and the type of gene action that govern these characteristics result in difficulties to obtain genotypes that meet this demand. The objective of this study was to determine the type of gene action involved with the contents of chlorophyll and agronomic characteristics in lettuce. The research was conducted at the Experimental Station of Vegetables of the Federal University of Uberlândia (UFU), Monte Carmelo Campus, Minas Gerais. To perform the crosses and obtaining the generations P1, P2, F1, F2, BC1 and BC2 genotypes were used for the UFU-Albina#2, UFU-Albina#3, UFU-Lisa124#2#1, UFU-Crespa199#1#1 and UFU-Lisa217#5#2 as parents. The generations were evaluated for three characteristics (number of leaf, diameter of plants and chlorophyll content). The parameters were estimated; genetic variance, environmental, phenotypic, additive, dominance in F_2 , heritability in the broad sense, heritability in the narrower sense, average degree of dominance based on averages, number of genes, measure the deviations of dominance, measurement of additive effects, measurement of all interactions of the additive x additive type, the measure of all interactions of the type additive x dominant and measure of all interactions of the dominant type x dominant. Among the three characteristics evaluated the chlorophyll content was the most influenced by the environment. The plant diameter of plant presented the highest heritability in the narrow sense to the intersection UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 (82.1%). The number of genes for the number of leaves varied from inconclusive until a minimum of 9 genes. It is concluded that the gene interactions for number of leaves were shown to be of type partial dominance. It is suggested that the characteristics assessed are polygenic nature or oligogenic.

Keywords: Heritability, Number of genes, Additive effect.

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa que apresenta maior importância econômica no Brasil (AGRIANUAL, 2017; BRZEZINSKI et al., 2017). Consumida predominantemente *in natura* na forma de saladas ou como ingrediente em redes de *fast-foods*, a alface tem adquirido uma grande importância funcional devido a sua composição (SILVA et al., 2011; SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2016).

Para atender à crescente demanda de folhas processadas há grande exigência quanto a vários quesitos agronômicos que são rotineiramente avaliados em experimentos de desempenho. Cultivares que apresentam maior número de folhas são preferidas (RESENDE et al., 2017; SALA; COSTA, 2012). Há relatos de cultivares comerciais com número de folhas superiores a 33 por planta (DIAMANTE et al., 2013). Em contrapartida, plantas com diâmetro acima de 30 cm não são interessantes comercialmente. Reis et al. (2013) relataram que grandes diâmetros de plantas dificultam o transporte, especialmente durante o acondicionamento da planta nos recipientes.

Adicionalmente aos quesitos agronômicos de interesse, se tornou fundamental a obtenção de vegetais biofortificados sendo escassas pesquisas com alface. Entre os vários constituintes que caracterizam a biofortificação, o teor de carotenoide é de grande relevância em várias espécies (MACHADA JUNIOR et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018). Adicionalmente, há relatos da associação dos carotenoides atuarem juntamente com o incremento de clorofilas por ocasião da produção de etileno e da respiração, permitindo a constância da coloração verde nas folhas (TAIZ; ZEIGER, 2013). De fato, foi observado correlação positiva entre teor de carotenoide e teor de clorofila, mensurado de forma indireta com a utilização do índice SPAD (SILVA et al., 2014; CASSSETARI et al., 2015;). Maiores teores de clorofila potencializam a atividade fotossintética podendo levar também a incrementos relacionados a características agronômicas (SILVA et al., 2014). Desse modo, a seleção indireta de indivíduos superiores para a característica se torna possível utilizando como parâmetro o teor de clorofila.

Atualmente, não estão disponíveis cultivares comerciais de alface que aliam boas características agronômicas com elevado teor de carotenoides. Um dos entraves pode estar relacionado à limitação de informações quanto ao conhecimento dos parâmetros que governam a herança genética da produção de clorofila e das principais características agronômicas de interesse em alface. O entendimento das bases genéticas envolvidas na

expressão de características-alvo é essencial para o sucesso em programas de melhoramento genético (ANDRADE et al., 2010). As estimativas de parâmetros genéticos como a magnitude da herdabilidade e a natureza dos genes envolvidos na expressão de características são de grande importância, pois possibilitam a predição de ganhos genéticos e do potencial da população a ser melhorada (CUSTÓDIO et al., 2012). Assim, as estimativas dos parâmetros genéticos e do modo de herança das características são fundamentais para o estabelecimento das melhores estratégias de melhoramento (CORREA et al., 2012; BALDISSERA et al., 2014; LAVIOLA et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se determinar o tipo de ação gênica envolvido com os teores de clorofila e características agronômicas em diferentes populações de alface.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de fevereiro de 2017 a junho de 2018, na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, MG ($18^{\circ}42'43,19''S$, $47^{\circ}29'55,8''W$ e altitude de 873 m).

O material genético utilizado constou de cinco linhagens de alface (UFU-Albina#2, UFU-Albina#3, UFU-Lisa124#2#1, UFU-Crespa199#1#1 e UFU-Lisa217#5#2)(Tabela 1) obtidas por seis sucessivas autofecundações após hibridação entre cv. Belíssima *versus* Uberlândia 10000. As cinco linhagens (parentais) utilizadas na pesquisa estavam cadastradas no banco de dados do *Software BGAlface_Biofortificada* que armazena informações de mais de 200 acessos de alface biofortificada da UFU.

TABELA 1 – Cor da folha, número de folhas, diâmetro de planta e teor de clorofila de cinco linhagens de alface utilizadas para obtenção dos estudos de estimativa de parâmetros genéticos.

Genótipo	Cor da folha	*NF	DP	Teor de Clorofila
UFU-Albina#2	Verde	12,22	18,50	17,35
UFU-Albina#3	Verde	19,87	26,84	22,50
UFU-Lisa124#2#1	Verde	28,97	27,71	33,23
UFU-Crespa199#1#1	Roxa	51,52	30,13	43,02
UFU-Lisa217#5#2	Verde	31,03	22,66	38,68

*NF = Número de folhas, DP = diâmetro de plantas (cm) e Teor de clorofila = índice SPAD coletadas do Software BGAlface_Biofortificada UFU.

Estes acessos fazem parte do banco de germoplasma do Programa de Melhoramento Genético de Alface Biofortificada e Tropicalizada da Universidade Federal de Uberlândia-UFU. O critério para seleção das cinco linhagens entre os mais de 200 acessos cadastrados foi a maior distância em magnitude (contrastante) entre as características-alvo da pesquisa para estudos das estimativas de parâmetros genéticos (NF, DP e teor de clorofila). Para obter sucesso em estudos de herdabilidade, faz-se necessário a utilização de parentais contrastantes quanto a característica a ser estudada (BALDISSERA et al., 2014)

De posse das cinco linhagens foi realizado em 20 de fevereiro de 2017 a semeadura dos parentais para a realização das hibridações e obtenção das gerações F₁. As hibridações foram realizadas adotando-se as linhagens UFU-Albina#2 e UFU-albina#3 como parentais masculinos e UFU-Lisa124#2#1, UFU-Crespa199#1#1 e UFU-Lisa217#5#2 como parentais femininos.

Obtidas as sementes putativas F₁ referente a cada cruzamento foi realizado semeadura das mesmas em 22 de setembro de 2017, com posterior identificação das plantas que apresentaram vigor híbrido, comparando com as características do pai e da mãe. O avanço das gerações das plantas híbridas obtidas por autofecundação permitiu a obtenção de sementes F₂ e sementes de retrocruzamentos.

Em 23 de março de 2018 foram semeados simultaneamente os parentais (P₁ e P₂) e as gerações F₁, F₂, Bc₁ e Bc₂ referente a cada direção de hibridação obtendo-se as populações (Tabela 2).

TABELA 2- Direção dos cruzamentos entre os parentais contrastantes e número de plantas avaliadas em cada geração em seus respectivos cruzamentos.

Cruzamentos	Gerações					
	P ₁	P ₂	F ₁	F ₂	BC ₁	BC ₂
UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2	60	40	20	312	23	32
UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2	60	38	20	323	17	28
UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3	62	40	20	340	20	28
UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3	62	40	20	307	10	33
UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3	62	38	20	367	7	3

As plantas foram conduzidas em condições de campo, com espaçamento de 0,25 x 0,25 m. Antes de iniciar o experimento, amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 - 20 cm e analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Uberlândia. A análise físico-química mostrou o seguinte: Textura argilosa (> 50% de argila); pH CaCl₂ = 4,9; SOM = 3,9 dag kg⁻¹; P(rem) = 79,1 mg dm⁻³; K = 0,29 cmol-dm⁻³; Ca = 3,3 cmolc-dm⁻³; Mg = 1,3 cmolc-dm⁻³; H + Al = 4,9 cmolc-dm⁻³; SB = 4,90 cmolc-dm⁻³; CEC = 9,80 cmolc-dm⁻³; BS% = 50. Utilizou-se delineamento genético, análise de gerações segregantes e não segregantes (P₁, P₂, F₁, F₂, Bc₁ e Bc₂) sendo o número de plantas variável em cada geração (Tabela 2). As condições climáticas durante o período experimental foram monitoradas (Figura 1).

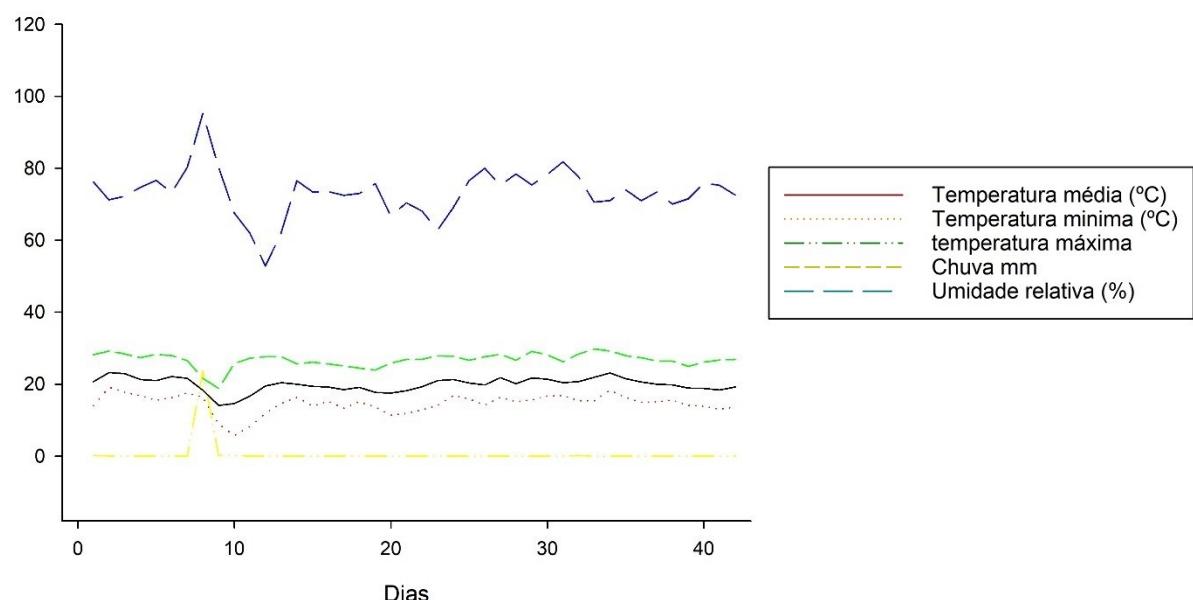


Figura 1: Condições ambientais de 12 de maio de 2018 a 22 de junho de 2018 no município de Monte Carmelo-MG. Fonte: Cooxupé.

Após as plantas atingirem ponto comercial foram avaliadas as seguintes características:

Número de folhas: realizada por meio da contagem manual de todas as folhas com comprimento maior ou igual a 5 cm;

Diâmetro de planta: obtido pela medição da distância (cm) entre as bordas das plantas com o auxílio de uma régua graduada.

Teor de clorofila: mensurado por meio do clorofilômetro portátil modelo Minolta SPAD-502 CFL1030, com a leitura realizada em uma folha do terço mediano.

As análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando o programa GENES v.2013.5.1 (CRUZ, 2013), do qual foram obtidos os seguintes parâmetros: variância genética em F₂ (σ_g^2), variância ambiental em F₂ (σ_m^2), variância fenotípica em F₂ (σ_f^2), variância aditiva em F₂ (σ_a^2), variância devida aos desvios de dominância em F₂ (σ_d^2), herdabilidade no sentido amplo (h_a^2), herdabilidade no sentido restrito (h_r^2), grau médio de dominância baseado em médias (K), número de genes (η), média (m), medida dos desvios da dominância (d), medida dos efeitos aditivos (a), medida de todas interações do tipo aditiva x aditiva (aa), medida de todas interações do tipo aditiva x dominante (ad) e medida de todas interações do tipo dominante x dominante (dd), conforme as seguintes expressões:

Variância genética em F₂:

$$\sigma_{g(F_2)}^2 = \sigma_{f(F_2)}^2 - \sigma_{m(F_2)}^2$$

Variância ambiental em F₂:

$$\sigma_{m(F_2)}^2 = \frac{VM_{P_1} + VM_{P_2} + 2 VM_{F_1}}{4}$$

Variância fenotípica em F₂:

$$\sigma_{f(F_2)}^2 = \sigma_{F_2}^2$$

Variância aditiva em F₂:

$$\sigma_a^2 = \frac{1}{2}a^2 = 2 \sigma_{g(F_2)}^2 - [\sigma_{g(BC_1)}^2 + \sigma_{g(BC_2)}^2]$$

sendo:

$$\sigma_{g(BC_1)}^2 = \sigma_{f(BC_1)}^2 - \sigma_{m(BC_1)}^2$$

$$\sigma_{g(BC_2)}^2 = \sigma_{f(BC_2)}^2 - \sigma_{m(BC_2)}^2$$

Variância devida aos desvios de dominância em F₂:

$$\sigma_d^2 = \frac{1}{4}d^2 = \sigma_{g(F_2)}^2 - \sigma_a^2$$

Herdabilidade no sentido amplo:

$$h_a^2 = \frac{\sigma_{g(F_2)}^2}{\sigma_{f(F_2)}^2} = \frac{\sigma_{g(F_2)}^2}{\sigma_{g(F_2)}^2 + \sigma_{m(F_2)}^2}$$

Herdabilidade no sentido restrito:

$$h_r^2 = \frac{\sigma_{a(F_2)}^2}{\sigma_{f(F_2)}^2} = \frac{\sigma_{a(F_2)}^2}{\sigma_{a(F_2)}^2 + \sigma_{d(F_2)}^2 + \sigma_{m(F_2)}^2}$$

Grau médio da dominância baseada em médias:

$$K = \frac{2 \bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\bar{P}_1 - \bar{P}_2}$$

Em que \bar{F}_1 , \bar{P}_1 e \bar{P}_2 são as medias dos progenitores F_1 , P_1 e P_2 , respectivamente.

Número mínimo de genes envolvidos da determinação do caráter:

$$\eta = \frac{R^2 (1 + 0.5K^2)}{8\sigma_g^2}$$

Sendo R a amplitude entre as médias dos pais ou $R = P_1 - P_2$.

Estimação dos efeitos:

$$\hat{m} = \frac{1}{2} \bar{P}_1 + \frac{1}{2} \bar{P}_2 + 4\bar{F}_2 - 2\bar{BC}_1 - 2\bar{BC}_2$$

$$\hat{a} = \frac{1}{2} \bar{P}_1 + \frac{1}{2} \bar{P}_2$$

$$\hat{d} = -\frac{3}{2} \bar{P}_1 - \frac{3}{2} \bar{P}_2 - \bar{F}_1 - 8\bar{F}_2 + 6\bar{BC}_1 - 6\bar{BC}_2$$

$$\hat{aa} = -4\bar{F}_2 + 2\bar{BC}_1 + 2\bar{BC}_2$$

$$\hat{ad} = -\bar{P}_1 + \bar{P}_2 + 2\bar{BC}_1 - 2\bar{BC}_2$$

$$\hat{dd} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + 2\bar{F}_1 + 4\bar{F}_2 - 4\bar{BC}_1 - 4\bar{BC}_2.$$

3. RESUTADOS E DISCUSSÕES

A estimativa de parâmetros genéticos deve ser realizada obrigatoriamente envolvendo parentais contrastantes para a característica alvo em estudo (BALDISSERA et al., 2014). Este quesito ficou confirmado ao comparar P_1 versus P_2 em todos os cruzamentos, possibilitando estudos com maior precisão (Tabela 3).

TABELA 3: Estimativas de parâmetros genéticos de características agronômicas em populações originadas de cinco cruzamentos entre *Lactuca sativa* e respectivos parentais. Monte Carmelo, UFU, 2018.

UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2			
Parâmetros	Teor de Clorofila	Diâmetro de planta	Número de folhas
$\bar{x}P_1$	17,35	18,50	12,22
$\bar{x}P_2$	38,68	22,66	31,03
$\bar{x}F_1$	34,03	24,00	28,75
$\bar{x}F_2$	31,70	25,24	24,06
$\bar{x}Bc_1$	21,28	20,91	17,35
$\bar{x}Bc_2$	33,67	22,80	30,14
σ^2_g	19,25	15,96	26,68
σ^2_e	32,69	11,42	23,16
σ^2_f	51,95	27,38	49,84
σ^2_a	16,13	30,23	17,60
σ^2_d	3,12	-14,27	9,08
H^2_a	37,07	58,30	53,53
H^2_r	31,05	110,44	35,31
K	-0,56	-1,64	-0,76
η	13,34	3,24	9,20
ST	S	S	N

UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2			
Parâmetros	Teor de Clorofila	Diâmetro de planta	Número de folhas
$\bar{x}P_1$	17,35	18,50	12,22
$\bar{x}P_2$	33,23	27,71	28,97
$\bar{x}F_1$	32,44	25,61	22,30
$\bar{x}F_2$	29,15	21,24	16,28
$\bar{x}Bc_1$	21,12	20,24	19,35
$\bar{x}Bc_2$	32,35	29,84	29,50
σ^2_g	1,58	12,53	16,76
σ^2_e	43,61	14,28	16,85
σ^2_f	45,20	26,81	33,61
σ^2_a	62,26	17,05	23,94
σ^2_d	-60,67	-4,52	-7,18
H^2_a	3,51	46,72	49,86

H^2_r	137,74	63,60	71,22
---------	--------	-------	-------

...continua...

TABELA 3, Cont.

K	-0,90	-0,54	-0,20
η	2,63	6,29	5,02
ST	S	N	N

UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3

Parâmetros	Teor de Clorofila	Diâmetro de planta	Número de folhas
$\bar{x}P_1$	22,50	26,84	19,87
$\bar{x}P_2$	38,68	22,66	31,03
$\bar{x}F_1$	39,62	28,01	37,45
$\bar{x}F_2$	35,75	28,08	27,88
$\bar{x}Bc_1$	31,06	31,21	24,57
$\bar{x}Bc_2$	26,87	28,13	30,00
σ^2_g	13,53	16,63	31,91
σ^2_e	37,76	10,50	19,62
σ^2_f	51,29	27,13	51,34
σ^2_a	-164,58	9,66	83,45
σ^2_d	178,12	6,97	-51,54
H^2_a	26,39	61,29	61,92
H^2_r	-320,86	35,60	161,93
K	-1,12	1,56	-2,15
η	-1,17	22,18	2,40
ST	S	S	S

UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3

Parâmetros	Teor de Clorofila	Diâmetro de planta	Número de folhas
$\bar{x}P_1$	22,50	26,84	19,87
$\bar{x}P_2$	33,23	27,71	28,97
$\bar{x}F_1$	33,98	30,24	28,35
$\bar{x}F_2$	29,32	26,47	23,19
$\bar{x}Bc_1$	38,62	29,21	23,40
$\bar{x}Bc_2$	33,68	31,25	32,64
σ^2_g	-1,85	15,00	14,87
σ^2_e	46,57	16,68	27,55
σ^2_f	44,73	31,68	42,42
σ^2_a	-3741,63	8,65	34,85
σ^2_d	3789,78	6,34	-19,98
H^2_a	-4,13	47,34	35,05
H^2_r	-8365,17	27,32	82,16
K	-1,14	-6,77	-0,86
η	-0,07	18	4,91
ST	S	S	S

UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3

Parâmetros	Teor de Clorofila	Diâmetro de planta	Número de folhas
$\bar{x}P_1$	22,50	26,84	19,87
$\bar{x}P_2$	43,02	30,13	21,52
$\bar{x}F_1$	41,11	34,49	25,70
$\bar{x}F_2$	40,10	25,61	18,04
$\bar{x}Bc_1$	35,93	32,62	26,10
$\bar{x}Bc_2$	43,02	30,61	22,64

σ^2_g	572,09	18,91	21,93
...continua...			
TABELA 3, Cont.			
σ^2_e	65,84	18,33	11,59
σ^2_f	637,93	37,24	33,53
σ^2_a	1129,05	13,55	-4,73
σ^2_d	-556,96	5,36	26,67
H^2_a	89,68	50,77	65,42
H^2_r	176,99	36,39	-14,12
K	-0,81	-3,65	-6,05
η	21,85	10,35	-32,34
ST	S	S	S

σ^2_g = Variância genotípica em F₂; σ^2_e = Variância do meio em F₂; σ^2_f = Variância Fenotípica em F₂; σ^2_a = Variância aditiva em F₂; σ^2_d = Variância devido aos desvios de dominância; H^2_a = Herdabilidade no sentido amplo; H^2_r = Herdabilidade no sentido restrito; k = Grau médio da dominância baseada em médias; η = Número mínimo de genes envolvidos na expressão do caráter e ST= Segregação transgressiva.

Foi possível a observação de segregação transgressiva no presente estudo para todas as variáveis nos cruzamentos UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3, UFU-Crespa199#1#1 x Albina#3 e UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3. Enquanto que para o cruzamento UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2 a segregação não foi observada para número de folhas, e no cruzamento UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 a segregação transgressiva não foi observada para diâmetro de planta e número de folhas.

Com relação as estimativas das variâncias genéticas (σ^2_g), variâncias ambientais (σ^2_e) e variância fenotípica (σ^2_f), observou-se que a característica teor de clorofila (SPAD) foi altamente influenciada pelo ambiente, com exceção do cruzamento UFU-Crespa199#1#1 x Albina#3, que apresentou variância genética maior que a variância ambiental (572, 09 e 65,84, respectivamente).

Para as características número de folhas e diâmetro de planta observou-se valores de variância genética variando de 14,87 a 31,91 e 12,53 a 18,91, respectivamente, sendo superiores ou próximos aos valores de variância ambiental. Souza et al. (2008) encontraram magnitudes de σ^2_g inferiores as encontradas no presente estudo. Maiores magnitudes de variâncias genéticas quando comparadas a variâncias ambientais implicam geralmente em maiores possibilidades de ganhos genéticos com o processo adequado de seleção (OLIVEIRA et al., 2015).

Para a variável diâmetro de planta pode-se inferir que a variância aditiva é responsável pela maior fração da variância genética em todos os cinco grupos de cruzamentos avaliados. De modo semelhante, para a variável número de folhas nos cruzamentos UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2, UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2, UFU-Lisa-217#5#2 x Albina#3 e

UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 a variância aditiva explica a maior parte da variância genética ($\sigma^2_a = 17,60, 23,94, 9,66$ e $34,85$, respectivamente) com exceção do cruzamento x UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3, que apresentou um comportamento diferente, no qual a magnitude do efeito genético ($\sigma^2_g = 21,93$) foi devido a variância atribuída aos desvios de dominância ($\sigma^2_d = 26,67$).

Deste modo, a variável diâmetro de planta para todas as populações avaliadas e a variável número de folhas com exceção dos cruzamentos UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3 tendem a possuir uma maior probabilidade dessas características serem repassadas e fixadas em indivíduos homozigóticos nas gerações seguintes. Para a característica teor de clorofila a exploração desta variabilidade se mostra mais complexa visto que no presente estudo, ela se mostrou ser altamente influenciada pelo ambiente avaliado.

Verificou-se que as estimativas de herdabilidade no sentido restrito para a variável número de folhas apresentaram valores medianos salvo exceto os cruzamentos UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 e UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3, no qual a herdabilidade foram consideradas alta ($h^2_r = 82,16$ e $161,63$, respectivamente). Este resultado assemelha-se aos resultados encontrados por Souza et al. (2008), que avaliando progênieis oriundas do cruzamento Regina x Tinto x Verdinha, encontrou $h^2_r = 83,99\%$.

O teor de clorofila (SPAD) apresentou acentuada discrepância entre os valores de herdabilidade encontrados entre as diferentes populações, onde os cruzamentos UFU-Lisa-217#5#2 x Albina#3 e UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 apresentaram estimativas negativas. Segundo Blank et al. (2010) a estimativa de herdabilidade não é um valor intrínseco a característica, variando entre ambientes, genótipos e local, comportamento este que ficou evidente no presente estudo.

As estimativas de graus médios de dominância com base em médias indicaram que houve predominantemente ação gênica do tipo sobredominância para a variável número de folhas. E, para teor de clorofila e diâmetro de planta, houve predominância de ação do tipo dominância parcial.

A estimativa do número de genes que governa o teor de clorofila e o número de folhas oscilaram desde valores inconclusivos (negativos) a um máximo de 21 e 9 genes, respectivamente. A característica diâmetro de planta apresentou ser governada por um mínimo de quatro genes no cruzamento UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2 e por um máximo de 22 genes no cruzamento UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3.

Os valores obtidos no presente estudo vão de encontro com a premissa citada por Cruz et al. (2012), que sugerem que os valores estimados não sejam tomados como absolutos, devido as pressuposições em que o método de estimação se baseia.

Sendo assim, a estimativa é mais importante como indicativo do caráter ser de natureza monogênica ou poligênica. No presente estudo houve indicativo que as três características avaliadas são de natureza poligênica ou oligogênica.

Na tabela 4 são apresentadas as estimativas dos parâmetros genéticos, obtidos no modelo completo. O efeito aditivo não foi significante pelo teste t a 5% de probabilidade para todos os caracteres avaliados, com exceção para o diâmetro de planta no cruzamento UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3. Os desvios da dominância (d) para essa característica não foram significativos apenas para o cruzamento Albina#3 x UFU-Lisa-217#5#2.

TABELA 4: Estimativas de parâmetros genéticos de características agronômicas no modelo completo (MC) e modelo aditivo dominante (MAD) em populações originadas de cinco cruzamentos entre *Lactuca sativa* e respectivos parentais. Monte Carmelo, UFU, 2018.

UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
M	44,90 *	27,97 *	34,12 *	21,39 *	22,89 *	21,53 *
A	-10,67 ns	-10,57 ns	-2,08	-2,07 ns	-9,40 ns	-9,44 ns
D	-41,94 ns	6,23 *	-25,39 ns	4,73 *	-1,16 ns	28,75 *
Aa	-16,88 ns	-	-13,54 ns	-	-1,27 ns	-
Ad	-3,46 ns	-	0,38 ns	-	-6,77 ns	-
Dd	31,07 *	-	15,27 *	-	7,02 ns	-
UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
M	34,94 *	25,42 *	7,92 *	22,59 *	1,84 ns	20,19 *
A	-7,94 ns	-8,42 ns	-4,61 ns	-5,25 ns	-8,38 ns	-8,68 ns
D	-20,67 ns	5,88*	35,61 *	0,37 ns	37,29 *	-3,71 ns
Aa	-9,64 ns	-	15,19 *	-	18,74 *	-
Ad	-6,57 ns	-	-9,99 ns	-	-17,37 ns	-
Dd	18,17 *	-	-17,92 ns	-	-16,83 ns	-
UFU-Lisa-217#5#2 x Albina#3						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
M	57,74 *	30,76 *	18,38 *	25,30 *	27,81 *	23,86 *
A	-8,10 ns	-8,13 ns	2,09 *	1,93 *	-5,58 ns	-4,10 ns
D	69,85 ns	9,67 ns	29,16 ns	4,49 *	-9,38 ns	8,18 *
Aa	-27,17 ns	-	6,36 ns	-	-2,37 ns	-
Ad	24,16 ns	-	1,98 ns	-	0,30 ns	-
Dd	51,73 ns	-	-19,53 ns	-	19,02 *	-

...continua...

TABELA 4, Cont.

UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
M	0,54 ns	28,90*	12,22 *	27,35*	5,09 ns	24,43*
A	-5,38 ns	-3,31 ns	-0,44 ns	-0,75 ns	-4,55 ns	-5,49 ns
D	81,69 ns	7,17*	38,95 *	3,04*	49,13 *	3,93*
Aa	27,31 ns	-	15,05 *	-	19,33 *	-
Ad	20,64 ns	-	-3,19 ns	-	-9,38 ns	-
Dd	-48,25 ns	-	-20,93 ns	-	-25,87 ns	-
UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
M	35,25 *	32,97 *	4,56 ns	27,95 *	-4,59 ns	19,44 *
A	-10,27 ns	-10,29 ns	-1,64 ns	-1,73 ns	-0,82 ns	-0,75 ns
D	13,54 ns	41,11 *	54,28 *	-0,64 ns	60,26 *	1,95 *
Aa	-2,50 ns	-	23,92 *	-	25,29 *	-
Ad	6,35 ns	-	7,39 ns	-	8,58 *	-
Dd	-7,69 ns	-	-24,34 ns	-	-29,97 ns	-

a: Medida dos efeitos aditivos, d: Medida dos desvios da dominância, m: Média de todos os possíveis homozigotos, aa: Medida de todas as interações aditiva x aditiva, ad: Medida de todas as interações aditiva x dominância e dd: Medidas de todas as interações dominante x dominante.

Para as variáveis teor de clorofila (SPAD) e o diâmetro de planta, as interações epistáticas do tipo aditivo x dominante (ad) foram importantes apenas no cruzamento UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2; as interações do tipo dominante x dominante (dd) foram significativas para o diâmetro de planta exceto para o cruzamento UFU-Lisa-217#5#2 x Albina#3. Observou-se que os efeitos de aditividade e dominância envolvidos na expressão da característica teor de clorofila (SPAD) foram predominantes em cruzamentos que envolvem o genitor UFU-Albina#3, visto que os efeitos de epistasia foram todos não significativos.

Entretanto, é importante avaliar os ajustes das médias ao modelo aditivo-dominante e não somente ao modelo-completo. Assim, o efeito médio (m) foi significativo em todas as variáveis em todas as populações avaliadas. Para o modelo aditivo-dominante o efeito aditividade foi significativo apenas para a variável diâmetro no cruzamento UFU-Lisa-217#5#2 x Albina#3. O efeito de dominância não apresentou significância no comportamento do diâmetro para os cruzamentos UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2 e UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3, e na variável teor de clorofila para o cruzamento UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3.

O efeito genético mais importante para o teor de clorofila (SPAD) foi devido a aditividade para todos os cruzamentos avaliados, explicando 70,14, 59,64, 87,94, 26,07 e 92,05% de toda a variabilidade existente em F₂ (Tabela 5). O efeito médio (m) foi o segundo efeito em ordem de importância para a determinação do teor de clorofila (SPAD), com

exceção apenas para o cruzamento UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 no qual o efeito médio foi igual a zero. Comportamento este que, segundo CRUZ (2012) torna praticável a obtenção de genótipos superiores a partir da seleção em populações oriundas destes cruzamentos, uma vez que a natureza aditiva da característica é a mais importante.

TABELA 5: Coeficiente de determinação (R^2 %) pela decomposição não-ortogonal da soma de quadrados de parâmetros ajustados para o modelo completo (MC) e modelo aditivo-dominante (MAD) para três caracteres agronômicos, no modelo completo (m,a,d,aa,ad,dd), das gerações P₀, P₁, F₁, F₂, BC₁ e BC₂ de *Lactuca sativa*. Monte Carmelo, UFU, 2018.

UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
m	21,73	86,99	69,81	97,91	5,88	83,29
a	70,14	12,08	10,14	0,84	93,38	15,70
d	2,24	0,93	4,86	1,25	0,00	1,00
Subtotal	94,11	100,00	84,81	100,00	99,26	99,99
aa	3,13	-	11,29	-	0,02	-
ad	0,14	-	0,01	-	0,58	-
dd	2,62	-	3,89	-	0,14	-
Efeitos epistáticos	5,89	-	15,19	-	0,74	-
UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
m	32,94	88,37	3,92	95,06	0,07	84,02
a	59,64	10,77	59,13	4,94	79,15	15,38
d	1,42	0,85	9,75	0,00	3,73	0,58
Subtotal	94,00	99,99	72,80	100,00	82,95	99,98
aa	2,59	-	14,76	-	7,76	-
ad	1,59	-	7,13	-	7,70	-
dd	1,76	-	5,30	-	1,59	-
Efeitos epistáticos	5,94	-	27,19	-	17,05	-
UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
m	6,82	92,26	17,55	98,73	27,06	94,23
a	87,94	5,60	70,13	0,50	69,03	3,68
d	1,11	2,14	4,98	0,77	0,37	2,09
Subtotal	95,87	100,00	92,66	100,00	96,46	100,00
aa	1,51	-	2,11	-	0,20	-
ad	1,24	-	0,21	-	0,00	-

...continua...

TABELA 5, cont.

dd	1,37	-	5,01	-	3,33	-
Efeitos epistáticos	4,12	-	7,33	-	3,53	-
UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
m	0,00	96,95	17,04	99,56	1,10	94,38
a	26,07	1,31	1,07	0,08	43,02	4,91
d	21,26	1,74	29,97	0,36	17,71	0,71
Subtotal	47,33	100,00	48,08	100,00	61,83	100,00
aa	14,01	-	26,39	-	16,17	-
ad	19,21	-	2,84	-	9,14	-
dd	19,44	-	22,68	-	12,87	-
Efeitos epistáticos	52,66	-	54,91	-	38,18	-
UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3						
Parâmetros	Teor de Clorofila		Diâmetro de planta		Número de folhas	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
m	7,27	89,79	1,20	99,61	1,40	99,63
a	92,05	8,88	33,70	0,38	6,59	0,13
d	0,15	1,33	19,78	0,00	28,19	0,24
Subtotal	99,47	100,00	54,68	99,99	36,18	100,00
aa	0,04	-	33,27	-	42,92	-
ad	0,38	-	3,41	-	5,26	-
dd	0,11	-	8,63	-	15,62	-
Efeitos epistáticos	0,53	-	45,31	-	63,80	-

De modo geral, os efeitos simples (m, a, d) para o teor de clorofila (SPAD) explicam a maior parte da variabilidade. Entretanto, para o cruzamento UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 as interações epistáticas aditiva x aditiva (aa), aditiva x dominante (ad) e dominante x dominante (dd) apresentaram R^2 relativamente altos (14,01, 19,21 e 19,44, respectivamente) quando comparados ao R^2 do efeito gênico aditivo (26,07).

Para a variável números de folhas o efeito aditivo adquire maior importância nos cruzamentos UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2, UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2, UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3 e UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#3 explicando 93,38, 79,15, 69,03 e 43,02, respectivamente, enquanto que para o cruzamento UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3 a maior importância é atribuída ao efeito devido a dominância.

Avaliando o modelo aditivo-dominante o efeito m explicou majoritariamente o comportamento da geração F_2 . Sendo que o efeito de aditividade explicando um máximo de

12,08% e 15,70% para as variáveis teor de clorofila e número de folhas no cruzamento UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2 e 4,94% de toda a variabilidade do diâmetro no cruzamento UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2.

O modelo aditivo-dominante não foi suficiente para explicar todos os dados em estudos. A correlação entre as médias observadas e esperadas (Figura 2) indicou um ajuste satisfatório ao modelo completo na variável teor de clorofila (SPAD) nos cruzamentos UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2, UFU-Lisa-124#2#1 x UFU-Albina#2 e UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#3 ($r = 0,96, 0,97$ e $0,95$, respectivamente).

Para a variável número de folhas os dados somente mostraram um ajuste ao modelo satisfatório para os cruzamentos UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#2 ($r = 0,98$) e UFU-Lisa-217#5#2 x UFU-Albina#3 ($r = 0,93$), enquanto que para o diâmetro de planta o ajuste foi considerado entre baixo a mediano em todos os cruzamentos avaliados.

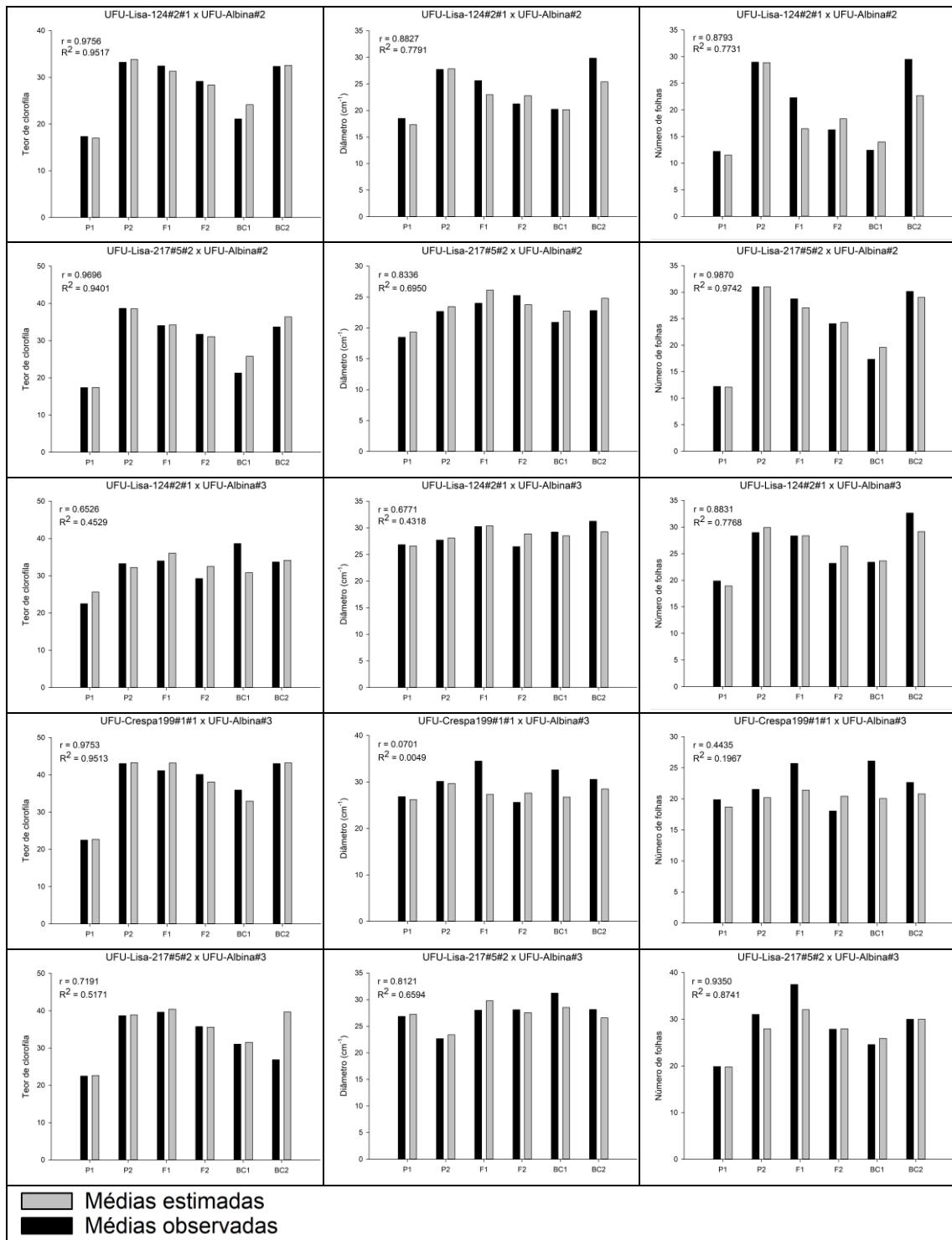


FIGURA 2: Médias observadas e esperadas para cada uma das gerações no modelo aditivo-dominate para três caracteres agronômicos *Lactuca sativa*. Monte Carmelo, UFU, 2018.

4. CONCLUSÕES

- 1- As características agronômicas número de folhas, teor de clorofila e diâmetro de planta apresentaram um padrão poligênico ou oligogênico.
- 2- A interação gênica envolvida na expressão do caráter diâmetro de planta é predominantemente do tipo sobredominância e para as características teor de clorofila e número de folhas aparentam ser dominância parcial.
- 3- A ocorrência de segregantes transgressivos foi observada principalmente nas características teor de clorofila e diâmetro de planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2017: anuário da agricultura brasileira. 22. ed. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2017. 450 p.

Andrade, F. N. et al. Estimation of genetic parameters in cowpea genotypes evaluated for fresh southern pea. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 2, p.253-258, jun. 2010. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000200012>

Baldissera, J. N. C. et al. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações de plantas autógamas. *Revista de Ciências Agroveterinárias (Journal of Agroveterinary Sciences)*, v. 13, n. 2, p. 181-189, 2014.

BLANK, A. F. et al. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjericão. *Horticultura Brasileira*, [s.l.], v. 28, n. 3, p.305-310, set. 2010.

Brzezinski, C. R. et al. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 64, n. 1, p. 83-89, 2017.

Correa, A. M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. *Ceres*, Viçosa, v. 59, n. 1, p.88-94, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100013>

CUSTÓDIO, T. N. et al. Meta-análise para estimativas de herdabilidade de características do desenvolvimento e produção do Coffea canephora Pierre. *Semina: Ciências Agrárias*, [s.l.], v. 33, p.2051-2059, 20 dez. 2012 <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6Supl1p2501>

Diamante, M. S. et al. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 44, n. 4, p.133-140, mar. 2013.

<https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100017>

Cassetari, L. S. et al. β -carotene and chlorophyll levels in cultivars and breeding lines of lettuce. *Acta horticulturae*, 2015.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1083.60>

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, [s.l.], v. 35, n. 3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514 p.

LAVIOLA, Bruno G. et al. Desempenho agronômico e ganho genético pela seleção de pinhão-manso em três regiões do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [s.l.], v. 49, n. 5,

p.356-363, maio 2014.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000500005>

MACHADA JUNIOR, R. et al. Vegetable breeding as a strategy of biofortification in carotenoids and prevention of vitamin A deficiency. *African Journal of Agricultural Research*, [s.l.], v. 12, n. 13, p.1059-1066, 30 mar. 2017.

<https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11895>

Oliveira, N. S. et al. Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 3, 2015.

<https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000300007>

OLIVEIRA, V. C. de et al. Agronomic biofortification of carrot with selenium. *Ciência e Agrotecnologia*, [s.l.], v. 42, n. 2, p.138-147, mar. 2018.

<http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018422031217>.

Reis, A. M. et al. Competição de cultivares de alface crespa. In: Embrapa Hortaliças-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: *JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA HORTALIÇAS*, 3., 2013, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013.

RESENDE, G. M. et al. ADAPTAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALFACE CRESPA EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, [s.l.], v. 11, n. 1, p.1145-1154, 27 fev. 2017.

<http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v11n100553>

Sala, F. C.; Da Costa, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira Retrospective and trends of Brazilian lettuce crop. *Horticultura brasileira*, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002>

Silva, E.M.N.C.P. et al. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 2, p. 242-245, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200019>

Silva, M. A. et al. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descriptores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 1, n. 30, p.173-181, fev. 2014.

Silva, E.; Ferreira, E. A.; Ferreira, M. R. Desempenho da alface americana sob a aplicação de adubos químico e orgânico. *Ciencia Et Praxis*, S. L., v. 9, n. 18, p.21-24, 2016.

Souza M.C.M et al. Variabilidade genética para características agronômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. *Horticultura Brasileira*, Campinas, v. 26, p. 354-358. 2008.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p

CAPÍTULO II

ESTIMATIVAS DE PARAMETROS GENÉTICOS PARA PIGMENTOS E CARACTERES
AGRONÔMICOS EM ALFACE CRESPA VERDE *VERSUS* ROXA

ESTIMATIVAS DE PARAMETROS GENÉTICOS PARA PIGMENTOS E CARACTERES AGRONÔMICOS EM ALFACE CRESPA VERDE *VERSUS* ROXA

RESUMO

A necessidade entendimento da genética e das interações gênicas envolvidas na expressão de determinadas características se torna uma necessidade para o desenvolvimento de programas de melhoramento que aliem uma ou mais características desejáveis em uma única cultivar. Com o objetivo de estimar os parâmetros genéticos envolvidos na expressão dos pigmentos e características agronômicas em alface, foram avaliados parentais P_1 (verde) e P_2 (roxo), as gerações segregantes F_1 e F_2 , e os *backcross* Bc_1 e Bc_2 originados do cruzamento UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#2. As avaliações foram feitas para teor de clorofila, teor de antocianina, número de folhas, diâmetro de planta. O estudo foi realizado pelo teste de gerações e as estimativas obtidas por meio das médias e variâncias. Foi verificado indicativo de padrão poligênico ou oligogênico para as características número de folhas, diâmetro de plantas e teor de antocianina. Com exceção do teor de antocianina tanto o modelo completo quanto o aditivo-dominante explicam satisfatoriamente o comportamento das variáveis.

Palavras-chave: antocianina, interações gênicas, gerações segregantes

ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS FOR PIGMENTS AND AGRONOMIC CHARACTERS IN LOOSELEAF LETTUCE GREEN VERSUS RED LEAF

ABSTRACT

The need for understanding the genetics and gene interactions involved in the expression of certain characteristics becomes a necessity for the development of breeding programs that tread one or more characteristics desirable in a single cultivar. With the objective of estimating genetic parameters involved in the expression of the pigments and agronomic characteristics in lettuce, parental were evaluated P_1 (green) and P_2 (purple), the segregating generations F_1 and F_2 and the backcross Bc_1 and Bc_2 originated from the crossing UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#2. The evaluations were made for chlorophyll content, anthocyanin content, numbers of leaves, diameter of plants. The study was conducted by the test of generation and the estimates obtained by means of averages and variances. It was verified indicative of polygenic or oligogenic pattern or to the characteristics number of leaves, diameter of plants and anthocyanin content. With the exception for the anthocyanin content of both the complete model as the additive-dominant models satisfactorily explain the behavior of the variables.

Keywords: Anthocyanin, Genetic interactions, Segregating generations

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça do grupo das folhosas mais importante no Brasil e no mundo (BRZEZINSKI et al., 2017; YURI et al., 2017). Segundo Queiroz; Cruvinel e Figueiredo (2017) a alfacultura ocupa atualmente no Brasil uma área de aproximadamente 35000 hectares. Cerca de 60% do mercado nacional é ocupado por cultivares que apresentam folhas crespas (VALERIANO et al., 2016).

Na última década um grande número de estudos evidenciou a importância de pigmentos vegetais e mais especificamente para cultura da alface, a antocianina, pigmento este com importante atividade antioxidante atuando na prevenção de grande número de doenças (DE MOURA ROCHA, 2015; FIGUEIREDO; LIMA, 2015). Em tecidos vegetais a presença de antocianina condiciona coloração desde vermelho alaranjado ao azul violeta (DAI et al., 2016).

A clorofila é outro pigmento que é encontrado em maiores concentrações em vegetais folhosos (SILVA et al., 2014). Além da relação direta com a atividade fotossintética da planta, o teor de clorofila apresenta alta correlação com teor de carotenoides (CASSETARI et al., 2015) e influência direta na cor do vegetal e por consequência a preferência do consumidor (TAIZ; ZEIGER, 2013; SILVA; FERREIRA e FERREIRA, 2016).

A presença da cor vermelha nas folhas da alface, de acordo com Ryder (1999) é controlada por dois genes *C* e *G* sendo estes genes influenciados por uma série alélica *R*, responsável pelo padrão de distribuição da antocianina na folha. Há relatos também da influência do gene “*intensifer*” (*i*), que intensifica o tom de vermelho na folha.

Em relação a caracteres agronômicos é desejável uma planta de alface com maior quantidade de folhas e menor diâmetros, visto que para o mercado, a junção dessas características resulta em plantas com arquitetura mais compacta, reflete em uma maior facilidade de transporte, beneficiamento e rendimento para as indústrias de processamento (SANTOS et al., 2011; FERREIRA et al., 2013; RESENDE et al., 2017).

Entretanto, o desenvolvimento e a disponibilização de cultivares comerciais que englobem em um único genótipo todas as características desejáveis são dificultadas pelo limitado conhecimento dos parâmetros que governam o modo da herança genética das principais características agronômicas em alface e pigmentos.

O conhecimento das bases genéticas responsáveis pela expressão de determinada característica possui grande importância na condução do programa de melhoramento genético,

permitindo assim, prever o comportamento de gerações hibridas e segregantes (CARDOSO et al., 2015). Assim, a análise das relações genéticas das médias das gerações P₁, P₂, F₁, F₂, Bc₁ e Bc₂ permite avaliar a adequação das características ao modelo aditivo-dominante (ROCHA et al., 2009).

Diante do exposto objetivou-se estimar os parâmetros genéticos para teores de antocianina e de clorofila além de diâmetro de planta e número de folhas em alface.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de fevereiro de 2017 a junho de 2018 na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, MG (18°42'43,19"S, 47°29'55,8"W e altitude de 873 m).

Em 20 de fevereiro de 2017 foram semeados dois genótipos oriundos do Programa de Melhoramento Genético de Alface Biofortificada Topicalizada da UFU, sendo o genótipo UFU-Albina#2 (genitor masculino apresentando coloração verde nas folhas) e o genótipo UFU-Crespa199#1#1 (genitor feminino apresentando coloração roxa), para a obtenção da geração F₁ (UFU-Albina#2 x UFU-Crespa199#1#1).

No dia 22 de setembro de 2017 foram realizados os semeios da geração F₁ (UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#2) e dos parentais P₁ e P₂, para a obtenção da geração F₂ (UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#2) e realização dos “*backcross*” com ambos os parentais.

Em 23 de março de 2018 foram semeadas as gerações P₁, P₂, F₁, F₂, Bc₁ e Bc₂. Após 50 dias as plantas foram transplantadas para condições de campo, com espaçamento de 0,25 x 0,25 m⁻¹. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm e analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFU. A análise físico-química mostrou o seguinte: Textura argilosa (> 50%); pH CaCl₂ = 4,9; SOM = 3,9 dag kg⁻¹; P(rem) = 79,1 mg dm⁻³; K = 0,29 cmol-dm⁻³; Ca = 3,3 cmolc-dm⁻³; Mg = 1,3 cmolc-dm⁻³; H + Al = 4,9 cmolc-dm⁻³; SB = 4,90 cmolc-dm⁻³; CEC = 9,80 cmolc-dm⁻³; BS% = 50.

O delineamento utilizado no experimento foi a análise de gerações. As condições climáticas do período compreendido entre 12 de maio de 2018 a 22 de junho de 2018 são apresentadas na Figura 1:

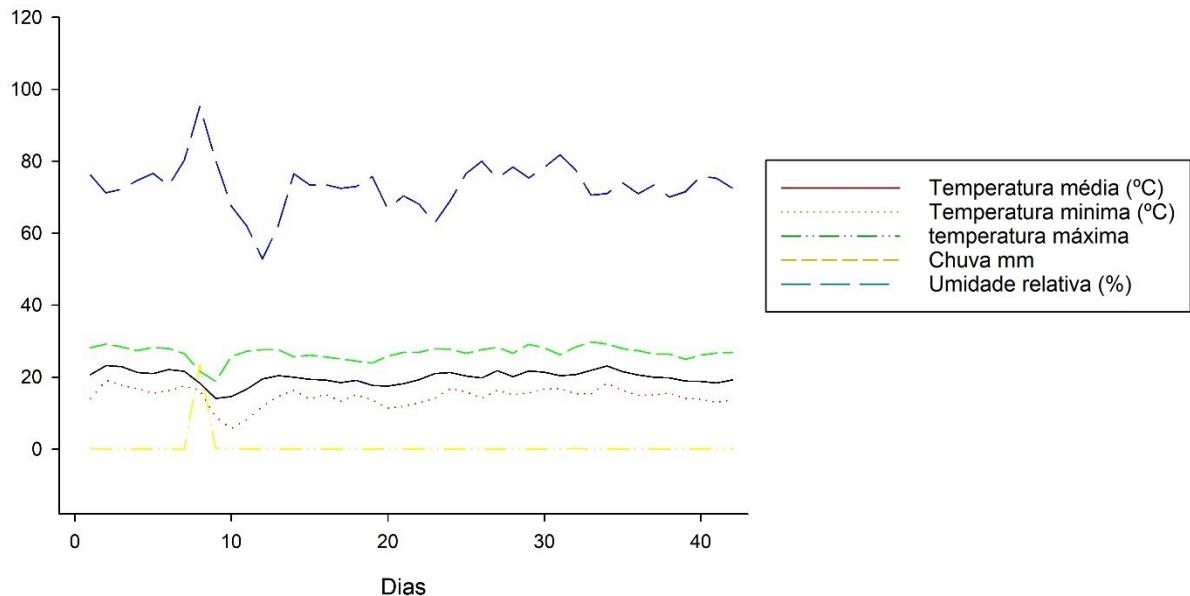


FIGURA 1: Condições climáticas no município de Monte Carmelo-MG, durante o período de 12 de maio de 2018 a 22 de junho de 2018. Fonte: Cooxupé.

Após as plantas atingirem ponto comercial (91 dias após semeadura) foram avaliadas as seguintes variáveis:

Concentração de Antocianina: A extração foi realizada de acordo com metodologia de Francis (1982). Plantas inteiras de alface foram trituradas e amostras de 0,5 gramas foram coletadas e adicionadas a 10 ml de solução extratora (etanol 95% + ácido clorídrico 1,5 mol) na proporção (85:15). As amostras foram homogeneizadas e acondicionadas em total ausência de luz em B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), com temperatura constante de 25°C por 24 horas. Na sequência foi realizada a leitura em triplicata de absorbância em Espectrofotômetro Digital UV-Visível Mod. GTA-96 a 535 nm. Os resultados foram expressos em mg de antocianinas totais/100 g de amostra, de acordo com a fórmula:

$$At = (Abs * f) / \epsilon$$

Em que:

At = mg de antocianinas.100 g. de massa fresca;

Abs = absorbância;

f = fator de diluição;

ϵ = coeficiente de absorvidade molar da cianidina (98,2).

Número de folhas: Realizada por meio da contagem manual de todas as folhas com comprimento maior ou igual a 5 cm⁻¹;

Diâmetro de planta: O diâmetro de planta mensurado em cm⁻¹ foi obtido pela medição da distância entre as bordas das plantas com o auxílio de uma régua graduada.

Teor de clorofila: Mensurado por meio do clorofilômetro portátil modelo Minolta SPAD-502 CFL1030 com a leitura realizada em uma folha do terço mediano.

As análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando o programa GENES v.2013.5.1 (CRUZ, 2013) do qual foram obtidos os seguintes parâmetros: variância genética em F₂ (σ_g^2), variância ambiental em F₂ (σ_m^2), variância fenotípica em F₂ (σ_f^2), variância aditiva em F₂ (σ_a^2), variância devido aos desvios de dominância em F₂ (σ_d^2), herdabilidade no sentido amplo (h_a^2), herdabilidade no sentido restrito (h_r^2), grau médio de dominância baseado em médias (K), número de genes (η), média (m) variância epistática do tipo aditiva x aditiva (aa), variância epistática do tipo aditiva x dominante (ad) e variância epistática do tipo dominante x dominante (dd), conforme as seguintes expressões:

Variância genética em F₂:

$$\sigma_{g(F_2)}^2 = \sigma_{f(F_2)}^2 - \sigma_{m(F_2)}^2$$

Variância ambiental em F₂:

$$\sigma_{m(F_2)}^2 = \frac{VM_{P_1} + VM_{P_2} + 2 VM_{F_1}}{4}$$

Variância fenotípica em F₂:

$$\sigma_{f(F_2)}^2 = \sigma_{F_2}^2$$

Variância aditiva em F₂:

$$\sigma_a^2 = \frac{1}{2} a^2 = 2 \sigma_{g(F_2)}^2 - [\sigma_{g(BC_1)}^2 + \sigma_{g(BC_2)}^2]$$

sendo:

$$\sigma_{g(BC_1)}^2 = \sigma_{f(BC_1)}^2 - \sigma_{m(BC_1)}^2$$

$$\sigma_{g(BC_2)}^2 = \sigma_{f(BC_2)}^2 - \sigma_{m(BC_2)}^2$$

Variância devida aos desvios de dominância em F₂:

$$\sigma_d^2 = \frac{1}{4} d^2 = \sigma_{g(F_2)}^2 - \sigma_a^2$$

Herdabilidade no sentido amplo:

$$h_a^2 = \frac{\sigma_{g(F_2)}^2}{\sigma_{f(F_2)}^2} = \frac{\sigma_{g(F_2)}^2}{\sigma_{g(F_2)}^2 + \sigma_{m(F_2)}^2}$$

Herdabilidade no sentido restrito:

$$h_r^2 = \frac{\sigma_{a(F_2)}^2}{\sigma_{f(F_2)}^2} = \frac{\sigma_{a(F_2)}^2}{\sigma_{a(F_2)}^2 + \sigma_{d(F_2)}^2 + \sigma_{m(F_2)}^2}$$

Grau médio da dominância baseada em médias:

$$K = \frac{2 \bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\bar{P}_1 - \bar{P}_2}$$

Em que \bar{F}_1 , \bar{P}_1 e \bar{P}_2 são as medias dos progenitores F_1 , P_1 e P_2 , respectivamente.

Número mínimo de genes envolvidos da determinação do caráter:

$$\eta = \frac{R^2 (1 + 0.5K^2)}{8\sigma_g^2}$$

Sendo R a amplitude entre as médias dos pais ou $R = P_1 - P_2$.

Estimação dos efeitos:

$$\hat{m} = \frac{1}{2} \bar{P}_1 + \frac{1}{2} \bar{P}_2 + 4\bar{F}_2 - 2\bar{BC}_1 - 2\bar{BC}_2$$

$$\hat{a} = \frac{1}{2} \bar{P}_1 + \frac{1}{2} \bar{P}_2$$

$$\hat{d} = -\frac{3}{2} \bar{P}_1 - \frac{3}{2} \bar{P}_2 - \bar{F}_1 - 8\bar{F}_2 + 6\bar{BC}_1 - 6\bar{BC}_2$$

$$\hat{aa} = -4\bar{F}_2 + 2\bar{BC}_1 + 2\bar{BC}_2$$

$$\hat{ad} = -\bar{P}_1 + \bar{P}_2 + 2\bar{BC}_1 - 2\bar{BC}_2$$

$$\hat{dd} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + 2\bar{F}_1 + 4\bar{F}_2 - 4\bar{BC}_1 - 4\bar{BC}_2$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As médias observadas nas gerações P_1 e P_2 para todas as características permitiram observar o contraste necessário para a realização do estudo (Tabela 1). As médias observadas nas gerações F_1 e F_2 para teor de clorofila e teor de antocianina foram intermediárias as médias observadas nos parentais. De acordo com Ribeiro et al. (2012) este comportamento pode ser um indício de natureza alélica aditiva.

TABELA 1: Número de plantas avaliadas e caracterização agronômica e teores de pigmentos das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , Bc_1 e Bc_2 oriundas do cruzamento UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#2, Monte Carmelo, UFU, 2018.

Geração	NP	NF	CLF	DMT	ANT
P_1	20	11,95	19,03	20,46	12,31
P_2	20	19,95	44,38	29,15	52,71
F_1	20	21,10	40,25	29,22	43,46
F_2	203	15,45	36,41	23,43	22,83
Bc_1	18	15,50	30,38	21,58	15,52
Bc_2	20	21,30	40,89	30,27	32,57
Transgressivo	-	Sim	Não	Sim	Sim

NP = Número de plantas, NF = Número de Folhas, CLF = Teor de clorofila, DMT = Diâmetro e ANT = Teor de antocianina.

Foi possível observar no presente estudo a ocorrência de segregantes transgressivos para todas as características, exceto para a característica teor de clorofila. De acordo com Laurindo et al. (2017) a ocorrência de segregantes transgressivos evidencia a ocorrência de alelos diferentes entre os parentais e ainda permite a seleção de indivíduos superiores para a característica.

Com exceção do teor de antocianina todas as variáveis analisadas no presente estudo apresentaram a variância genética superior a variância ambiental (Tabela 2). Resultados estes que vão de acordo com Azevedo et al. (2014) que avaliando parâmetros genéticos de caracteres relacionados ao florescimento precoce, obteve estimativas de variância genética superiores as ambientais. Comportamento este que indica que os fatores genéticos possuem

maior influência na expressão da característica quando comparados a fatores ambientais, e proporcionando uma maior facilidade na seleção de indivíduos superiores para a característica (JÚNIOR et al., 2018).

TABELA 2: Estimativas dos parâmetros genéticos obtidos das variâncias de caracteres agronômicos avaliados em plantas das gerações P₁, P₂, F₁, F₂, BC₁ e BC₂ oriundas do cruzamento UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#2, Monte Carmelo, UFU, 2018.

Parâmetros	NF	CLF	DMT	ANT
σ^2_g	12,83	19,09	12,76	-32,12
σ^2_e	7,26	18,14	10,24	183,50
σ^2_f	20,08	37,23	23,00	151,38
σ^2_a	17,98	-2,58	14,73	123,41
σ^2_d	-5,16	21,68	-1,98	-155,53
H^2_a	63,86	51,28	55,47	-21,22
H^2_r	89,56	-6,94	64,06	81,52
K	-1,28	-0,67	-1,02	-0,54
H	4,34	-51,06	5,73	6,21

σ^2_g = Variância genotípica em F₂; σ^2_e = Variância do meio em F₂; σ^2_f = Variância Fenotípica em F₂; σ^2_a = Variância aditiva em F₂; σ^2_d = Variância devido aos desvios de dominância; H^2_a = Herdabilidade no sentido amplo; H^2_r = Herdabilidade no sentido restrito; k = Grau médio da dominância baseada em médias; η = Número mínimos de genes envolvidos na expressão do caráter; NP = Número de plantas; NF = Número de Folhas; CLF = Teor de clorofila; DMT = Diâmetro e ANT = Teor de antocianina.

As estimativas de variância para número de folhas e diâmetro de plantas indicaram que as variâncias genotípicas na população F₂ foram atribuídas aos efeitos aditivos, visto que as variâncias atribuídas aos desvios de dominância foram negativas ($\sigma^2_d = -5,16$ e $-1,98$, respectivamente). Comportamento este que não foi observado para as demais variáveis, nas quais a variância genética fora predominantemente atribuída aos desvios de dominância. De acordo com Cruz (2010), a variância aditiva por refletir a fração herdável da variância genética, tornando-se um fator determinante para a obtenção de ganhos de seleção.

As estimativas de herdabilidade no sentido restrito encontradas no presente estudo podem ser consideradas altas para número de folhas e diâmetro de planta ($H^2_r = 89,56$ e 64,06, respectivamente). Estimativas essas que foram próximas as encontradas por Azevedo et al. (2014) que avaliando 11 cultivares de alface encontrou estimativas de herdabilidade no sentido restrito de 59,39 e 96,77%, para número de folhas e diâmetro de plantas, respectivamente.

O teor de antocianina apresentou estimativa de herdabilidade alta. Segundo Ferreira et al. (2011) elas são mais desejadas quando associadas a efeitos predominantemente aditivos para a característica. No entanto, esse comportamento não foi observado para o teor de antocianina.

A estimativa do grau médio de dominância para o teor de clorofila e teor de antocianina indicou a existência de dominância parcial ($K = -0,67$ e $-0,54$, respectivamente). Para o diâmetro de planta a estimativa do grau médio de dominância foi próximo de 1, enquanto o número de folhas apresentou estimativa de $k = 1,28$, o que sinaliza ação gênica do tipo dominância completa e sobredominância respectivamente.

O número de genes envolvidos na expressão das características número de folhas, diâmetro e antocianina, com exceção do teor de clorofila onde a estimativa foi inconclusiva, foram determinados por 5, 6 e 7 genes respectivamente. O comportamento estimado deu indícios de natureza poligênica ou oligogênica.

Especificamente para o número aproximado de genes que controlam o teor de antocianina, os resultados corroboram com o trabalho clássico de Ryder (1999) que identificou 6 genes governando a expressão de antocianina em folhas de alface.

Na tabela 3 são apresentadas as estimativas dos parâmetros genéticos obtidos pelo modelo completo. O efeito aditivo não foi significante para nenhuma das características. Para número de folhas e diâmetro de plantas o efeito devido aos desvios de dominância (d) e as interações epistáticas do tipo aditivo x dominante apresentaram significância e as interações epistáticas do tipo dominante x dominante (dd) foi importante para o teor de antocianina.

TABELA 3: Estimativas dos parâmetros genéticos de quatro caracteres agronômicos avaliados em plantas das gerações P, P, F, F, BC₁ e BC₂ oriundas do cruzamento UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#2, Monte Carmelo, UFU, 2018.

Parâmetro	NF		CLF		DMT		ANT	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
M	4,14 ^{ns}	14,83*	34,82*	31,60*	14,83*	22,82*	27,67*	29,58*
A	-4,00 ^{ns}	-4,50 ^{ns}	-12,67 ^{ns}	-12,43 ^{ns}	-4,34 ^{ns}	-5,65 ^{ns}	-20,20 ^{ns}	-17,66 ^{ns}
D	28,26*	4,47*	0,95 ^{ns}	8,89*	20,02*	4,26*	-35,16 ^{ns}	-9,53 ^{ns}
Aa	11,80*	-	-3,11 ^{ns}	-	9,97*	-	4,84 ^{ns}	-
Ad	-3,60 ^{ns}	-	4,31 ^{ns}	-	-8,69 ^{ns}	-	6,30 ^{ns}	-
Dd	-11,31 ^{ns}	-	4,48 ^{ns}	-	-5,63 ^{ns}	-	50,95*	-

a: Medida dos efeitos aditivos, d: Medida dos desvios da dominância, m: Media de todos os possíveis homozigotos, aa: Medida de todas as interações aditiva x aditiva e ad: Medida de todas as interações aditiva x dominância e dd: Medidas de todas as interações dominante x dominante. NF = Número de Folhas; CLF = Teor de clorofila; DMT = Diâmetro e ANT = Teor de antocianina, * significante a 95% de confiança e NS = não significativo, MC: Modelo completo e MAD: Modelo aditivo dominante.

No modelo aditivo-dominante a média e os desvios de dominância foram significativos para as variáveis número de folhas, teor de clorofila e diâmetro de plantas pelo teste t a 5% de probabilidade. Para a variável teor de antocianina somente a média apresentou significância.

No modelo completo o efeito aditivo foi o mais importante para as quatro características (Tabela 4), explicando 62,64, 89,86, 52,70 e 86,75% de toda a variabilidade disponível em F_2 . Foi evidenciado por Moreira et al. (2013) que a obtenção de genótipos homozigotos superiores se torna possível nesses caracteres em populações derivadas de F_2 .

TABELA 4: Coeficiente de determinação (R^2 %) pela decomposição não-ortogonal da soma de quadrados de parâmetros ajustados para o modelo completo (MC) e modelo aditivo-dominante (MAD), das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , BC_1 e BC_2 oriundas do cruzamento UFU-Crespa199#1#1 x UFU-Albina#2, Monte Carmelo, UFU, 2018.

Parâmetros	NF		CLF		DMT		ANT	
	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD	MC	MAD
M	2,04	90,13	9,84	85,71	22,33	94,03	6,45	71,05
A	62,64	7,43	89,86	12,84	52,70	4,93	86,75	26,93
D	12,09	2,43	0,00	1,45	5,08	1,03	1,28	2,01
Subtotal	76,80	99,99	99,70	100	80,11	99,99	94,48	99,99
aa	22,07	-	0,08	-	10,47	-	0,20	-
ad	2,35	-	0,17	-	8,51	-	0,38	-
dd	5,65	-	0,04	-	0,90	-	4,93	-
Efeitos epistáticos	30,1	-	0,29	-	19,88	-	5,51	-

MC: Modelo completo e MAD: Modelo aditivo dominante

Para o modelo aditivo dominante o parâmetro m (média) explicou majoritariamente a variação observada na população F_2 , explicando 90,13, 85,71, 94,03 e 71,05% da variação observada para número de folhas, teor de clorofila, diâmetro de planta e teor de antocianina respectivamente. Os efeitos de aditividade apresentaram ser de segunda importância no presente estudo, explicando no máximo 26,93% da variação observada no teor de antocianina.

Analizando as médias observadas e médias estimadas, com exceção do teor de antocianina, fica evidente o ajuste dos dados ao modelo aditivo-dominante, possibilitando elevadas estimativas do cociente de correlação (r) com valores de 0,91, 0,99 e 0,94 para as variáveis diâmetro de planta, teor de clorofila e número de folhas respectivamente.

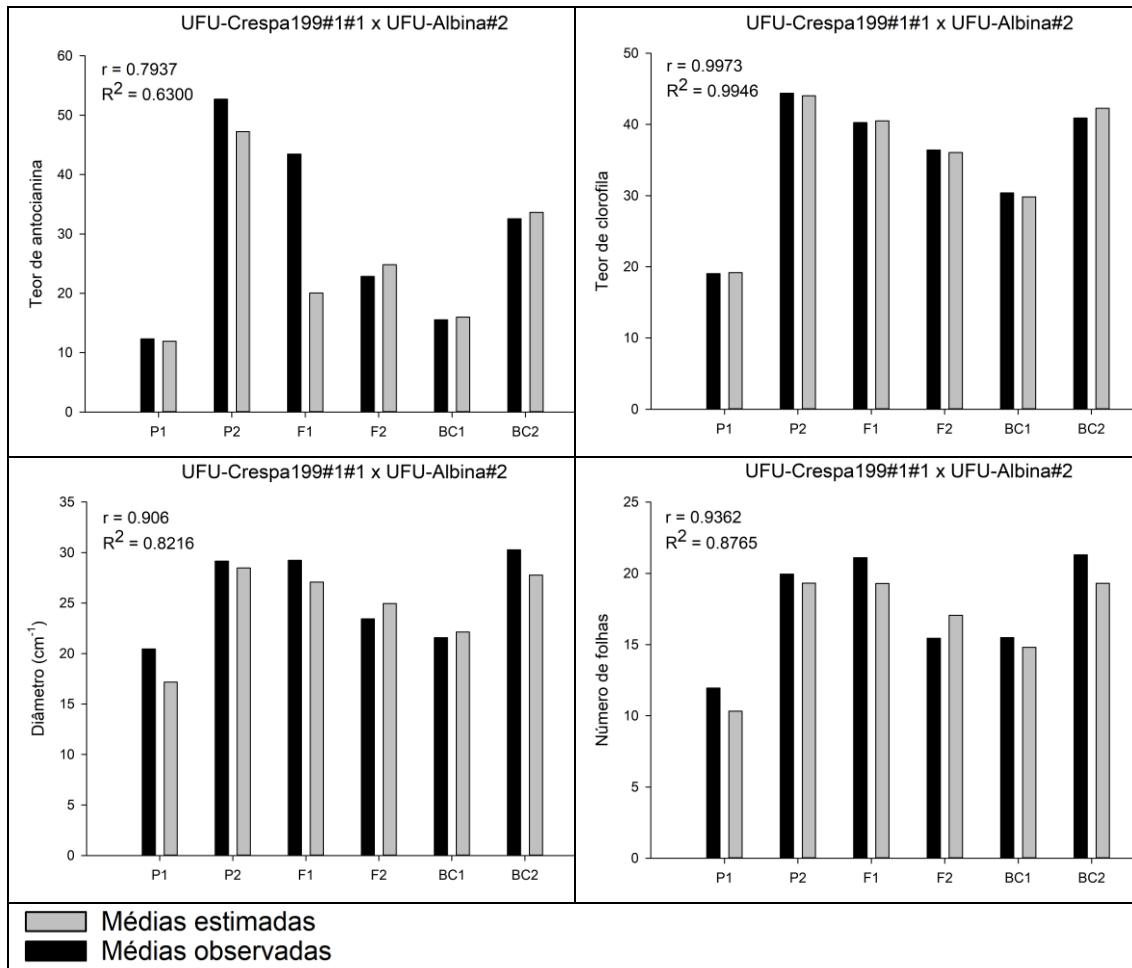


FIGURA 2: Médias observadas e esperadas para cada uma das gerações no modelo aditivo-dominante para quatro caracteres agronômicos, a partir do cruzamento entre UFU-albina#2 x UFU-Crespa199#1#1 de *Lactuca sativa*. Monte Carmelo, UFU, 2018.

4. CONCLUSÕES

1. O comportamento observado para número de folhas, diâmetro de planta e teor de antocianina indicam que um padrão poligênico ou oligogênico é responsável pelas características.
2. As interações gênicas envolvidas na expressão do teor de clorofila e teor de antocianina são predominantemente do tipo dominância parcial, enquanto que a interação gênica aparentou ser do tipo dominância completa e de sobredominância para diâmetro de plantas e número de folhas respectivamente.
3. A detecção de indivíduos segregantes para as características número de folhas, diâmetro de plantas e teor de antocianina, indicam a possibilidade de seleção de indivíduos superiores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A. M. et al. Parâmetros genéticos e análise de trilha para o florescimento precoce e características agronômicas da alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [s.l.], v. 49, n. 2, p.118-124, fev. 2014.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000200006>

BRZEZINSKI, C. R. et al. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. *Revista Ceres*, [s.l.], v. 64, n. 1, p.83-89, fev. 2017.

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201764010012>

CARDOSO, D. L. et al. Análise dialélica de Hayman de características relacionadas à produção e a qualidade de frutos em mamoeiro. *Bragantia*, [s.l.], v. 74, n. 4, p.394-399, 15 set. 2015.

<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0114>

CASSETARI, L. S. et al. β -Carotene and chlorophyll levels in cultivars and breeding lines of lettuce. *Acta Horticulturae*, [s.l.], n. 1083, p.469-473, 2015.

<http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2015.1083.60>

CRUZ, C.D. Princípios de genética quantitativa. 2. ed. Viçosa: Ufv, 2010. 394 p.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, [s.l.], v. 35, n. 3, p.271-276, 2013.

DAI, W. et al. Genetic analysis for anthocyanin and chlorophyll contents in rapeseed. *Ciência Rural*, [s.l.], v. 46, n. 5, p.790-795, maio 2016.

<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150564>

Rocha, S. M. B. M. Benefícios funcionais do açaí na prevenção de doenças cardiovasculares. *Journal of Amazon Health Science*, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2015.

FERREIRA, S. et al. Identificação de linhagens avançadas de alface quanto à resistência a *Meloidogyne javanica*. *Ciência e Agrotecnologia*, [s.l.], v. 35, n. 2, p.270-277, abr. 2011.

<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000200006>

FERREIRA, L. L. et al. Comportamento de variedades de alface na semeadura de março no município de Areia-PB. *Scientia Plena*, v. 9, n. 4, 2013.

FIGUEIREDO, F.J.; LIMA, V. L.A.G. Antioxidant activity of anthocyanins from quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*) fruits. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, [s.l.], v. 17, n. 3, p.473-479, set. 2015.

http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14_005

FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: Anthocyanins as food colors
MARKAKIS, P. (Ed.). New York: Academic Press, 1982. p.181-207
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-472550-8.50011-1>

JÚNIOR, E. P. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-frade. Revista de Ciências Agrárias, [s.l.], v. 41, n. 3, p.806-814, jul. 2018.
<http://dx.doi.org/10.19084/RCA17232>

LAURINDO, R. D. F. et al. Potencial de híbridos e populações segregantes de abóbora para teor de óleo nas sementes e plantas com crescimento do tipo moita. Revista Ceres, [s.l.], v. 64, n. 6, p.582-591, dez. 2017.
<https://doi.org/10.1590/0034-737X201764060004>

MOREIRA, G. R. et al. Herança de caracteres de resistência por antixenose de *Solanum pennellii* à traça-do-tomateiro em cruzamento com 'Santa Clara'. Horticultura Brasileira., Vitoria da Conquista, v. 31, n. 4, p. 574-581, Dec. 2013.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000400011>

QUEIROZ, A.; CRUVINEL, V.; FIGUEIREDO, K. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. Enciclopédia Biosfera, [s.l.], v. 14, n. 25, p.1053-1063, 20 jun. 2017.
http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2017A84

RESENDE, G. M. et al. Adaptação de genótipos de alface crespa em condições semiáridas. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, [s.l.], v. 11, n. 1, p.1145-1154, 27 fev. 2017.
<http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v11n100553>

RIBEIRO, H. L. C.; SANTOS, C. A. F.; DA COSTA, D. C. C. Parâmetros genéticos de caracteres da arquitetura e maturação de grãos do feijão caupi. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S4598-S4605, jul. 2012.

ROCHA, M. M. et al. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [s.l.], v. 44, n. 3, p.270-275, mar. 2009.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300008>

RYDER, E. J. Lettuce, endive and chicory. Ed. CABI Publishing, USA. 1999. 208 p.

SILVA, M. de A. et al. Pigmentos fotossintéticos e índice Spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, p. 173-181, 2014.

SILVA, Eberson; FERREIRA, Eliel Alves; FERREIRA, Manoel Reginaldo. • Desempenho da alface americana sob a aplicação de adubos químico e orgânico. **Ciência ET Praxis**, v. 9, n. 18, p. 21-24, 2017.

SANTOS, D. et al. Produção comercial de cultivares de alface em Bananeiras.

Horticultura Brasileira, v. 29, n. 4, p. 609-612, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400028>

SANTOS, E. R. et al. Estimativa de parâmetro de variação genética em progêneres f2 de soja e genitores com presença e ausência de lipoxigenases. Nucleus, [s.l.], v. 15, n. 1, p.61-70, 30 abr. 2018.
<https://doi.org/10.3738/1982.2278.2169>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

VALERIANO, T. T. B. et al. Alface americana cultivada em ambiente protegido submetida a doses de potássio e lâminas de irrigação. Irriga, [s.l.], v. 21, n. 3, p.620-630, 31 out. 2016.

<https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n3p620-630>

YURI, J. E. et al. Desempenho agronômico de genótipos de alface americana no Submédio do Vale do São Francisco. Horticultura Brasileira, [s.l.], v. 35, n. 2, p.292-297, abr. 2017.

<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170222>