

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

YGOR INÁCIO DIAS ROSA

ANÁLISE MULTIVARIADA DE LINHAGENS DE ALFACES BIOFORTIFICADAS E
TROPICALIZADAS

MONTE CARMELO - MG

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

YGOR INÁCIO DIAS ROSA

ANÁLISE MULTIVARIADA DE LINHAGENS DE ALFACES BIOFORTIFICADAS E
TROPICALIZADAS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina
Silva Siquieroli

MONTE CARMELO

2025

YGOR INÁCIO DIAS ROSA

ANÁLISE MULTIVARIADA DE LINHAGENS DE ALFACES BIOFORTIFICADAS E
TROPICALIZADAS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 13 de fevereiro de 2025

Banca Examinadora

Profª. Dra. Ana Carolina Silva Siquieroli
Orientadora

M.Sc Ana Luísa Alves Ribeiro
Membro da Banca

M.Sc Heitor Franco de Sousa
Membro da Banca

MONTE CARMELO

2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço imensamente a minha orientadora, Ana Carolina Silva Siquieroli, por sua orientação, paciência e apoio. Obrigado por sempre me incentivar e dar o suporte necessário para minha formação acadêmica.

Agradeço aos membros do grupo de pesquisa GENHORT, sou grato pelo apoio, pelo compartilhamento de conhecimentos e pela troca constante de experiências.

Sou grato de forma especial, à minha namorada, Maria Clara, e a toda a minha família, por todo o amor, paciência e compreensão que sempre me dedicaram.

Agradeço à UFU – Campus Monte Carmelo, ao curso de Agronomia, aos professores e técnicos pelo apoio, dedicação e contribuição essencial na minha formação. Sou grato por todo o aprendizado e pelas oportunidades oferecidas.

Sem vocês, nada disso seria possível.

RESUMO

A cultura da alface é amplamente difundida na agricultura mundial, com variedades adaptadas a diferentes climas e solos. Sua versatilidade e variedade de tipos, como a crespa, lisa e americana, a tornam um elemento fundamental em saladas e pratos saudáveis. Mesmo com a grande importância dos alimentos biofortificados, os estudos sobre a cultura da alface continuam sendo escassos. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a dissimilaridade genética de linhagens de alface biofortificadas e tropicalizadas. Foram avaliadas 18 linhagens de alface biofortificadas pertencentes ao Banco de Germoplasma BG α BIOFORT da UFU, juntamente com duas cultivares comerciais como testemunhas (Belíssima e Grand Rapids) dispostas em um delineamento inteiramente casualizado (DBC). Para as avaliações agronômicas foram selecionadas as quatro plantas centrais de cada parcela. Mensurou-se o peso da planta, número de folhas, comprimento do caule, diâmetro da planta e do caule, além da temperatura foliar. Para a análise multivariada da dissimilaridade genética entre os genótipos utilizou-se a distância generalizada de Mahalanobis (D_{ii}^2). A dissimilaridade genética foi representada por meio de um dendrograma gerado pelo método hierárquico UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages). Foi possível verificar a existência de dissimilaridade genética entre as linhagens de alfaces biofortificadas e tropicalizadas avaliadas, sendo possível identificar genótipos promissores para o desenvolvimento do programa de melhoramento genético de alfaces biofortificadas da UFU com potencial agronômico.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., biofortificação, segurança alimentar, variabilidade genética

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVO	8
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
	3.1 A cultura da alface	8
	3.2 Biofortificação	9
	3.3 Banco de germoplasma	9
	3.4 Dissimilaridade genética	10
4	MATERIAL E MÉTODOS	11
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
6	CONCLUSÕES	17
	REFERÊNCIAS	17

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é um dos vegetais mais relevantes no mercado, destacando-se entre as hortaliças folhosas pelo seu elevado volume de vendas, especialmente para saladas. Além disso, sua produção e comercialização são de baixo custo, o que a torna acessível a um amplo público (Augusto et al., 2022). Ela é amplamente conhecida por suas folhas verdes e crocantes, desempenhando um papel essencial na alimentação humana, sendo uma valiosa fonte de nutrientes essenciais.

O interesse pelo consumo de hortaliças não reflete apenas no crescimento populacional, mas também acompanha uma mudança significativa nos hábitos alimentares dos consumidores. Esta transformação demanda um aumento inevitável na produção. Paralelamente, os consumidores de hortaliças estão demonstrando uma crescente exigência, tornando essencial a produção em larga escala e com padrões elevados de qualidade (Ohse et al., 2001).

A biofortificação é uma abordagem inovadora que tem como intuito melhorar a qualidade nutricional dos alimentos diretamente nas plantações. Esse processo tende a aumentar a quantidade e a biodisponibilidade de nutrientes essenciais nas culturas, contribuindo assim com a saúde humana. Essa estratégia é uma solução para os desafios de deficiência de vitaminas, oferecendo uma maneira prática de combater problemas nutricionais da população (De Steur et al., 2012; Zikankuba et al., 2019). Plantas biofortificadas podem apresentar incrementos de pigmentos ou bioativos, que possuem diversas funções em nosso organismo como propriedades anti-inflamatórias, anticancerígenas e antioxidantes (Li; Meng, 2008).

O melhoramento genético vegetal combina a arte e a ciência, com o intuito de aprimorar as características das plantas com foco em seu uso econômico e seu valor nutricional. Essa prática busca selecionar e desenvolver variedades que sejam mais produtivas, que se adaptem a novas áreas agrícolas e que prosperem em condições desfavoráveis. Além disso, também visa obter plantas com menor concentração de substâncias nocivas, resistentes a pragas e doenças, e que possam lidar com estresses como a falta de água ou salinidade, atendendo a diversas necessidades do cultivo (Fritsche-Neto; Borém, 2011).

Examinar a dissimilaridade genética dentro de uma população é crucial em programas de melhoramentos genético, pois permite a identificação de cruzamentos entre genitores com distinções genéticas, o que facilita a geração de híbridos com efeitos heteróticos mais acentuados (Machado et al., 2013). Nesse sentido, a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) conta com um banco de germoplasma oriundo do Programa de Melhoramento Genético de Alface Biofortificada da UFU e registrado no Software BG α BIOFORT INPI BR512019002403-6 (Maciel et al., 2019).

2 OBJETIVO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a dissimilaridade genética por análise multivariada entre linhagens de alfaces biofortificadas e tropicalizadas para identificar potenciais genótipos para o desenvolvimento do programa de melhoramento genético de alface biofortificada e tropicalizada da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Monte Carmelo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça de maior importância no mundo, tendo como origem a região mediterrânea. Esta hortaliça folhosa é consumida de forma predominante *in natura* (Sala; Costa, 2012) e é fonte das vitaminas B1, A, B2 e C, além de ferro e cálcio (Sousa et al., 2007). A alface possui uma grande importância econômica pelo mundo, conquistando principalmente os pequenos produtores, devido a sua adaptação à diversidade climática, baixo custo de produção e rápido ciclo de cultivo (Medeiros et al., 2007).

A produtividade da alface é influenciada pelo fator climático, em climas tropicais, por exemplo, a planta expressa uma menor produtividade e suas folhas podem desenvolver um sabor mais amargoso (Oliveira et al., 2016). Selecionar cultivares adaptadas às condições climáticas da região pode aumentar significativamente a produtividade. No caso da alface,

que é uma planta de clima temperado, serão desenvolvidos híbridos para garantir um bom desenvolvimento, mesmo em climas tropicais (Guimarães et al., 2019).

3.2 Biofortificação

A biofortificação de alimentos foi desenvolvida como uma possível solução para a fome oculta, um grande problema mundial que afeta cerca de 2 bilhões de pessoas no mundo (Loureiro et al., 2018). Segundo Moratoya et al. (2013), a alimentação é a principal fonte de proteínas, vitaminas, minerais e nutrientes essenciais para o adequado funcionamento do corpo.

Os custos relativamente modestos ligados à ampliação do teor de nutrientes nos produtos agrícolas tornam a biofortificação uma intervenção sustentável e com potencial econômico (Nutti et al., 2009). A implementação de produtos agrícolas biofortificados, que são variedades aprimoradas com níveis mais elevados de minerais e vitaminas, pode complementar as atuais intervenções nutricionais, oferecendo uma abordagem sustentável e acessível para populações com acesso limitado aos sistemas de saúde e mercado convencionais (Carvalho; Nutti, 2012).

A biofortificação por melhoramento genético é um processo que envolve cruzamentos sucessivos de plantas da mesma espécie, visando o desenvolvimento de cultivares mais nutritivas, com o aumento nos níveis de nutrientes e vitaminas (Loureiro et al., 2018). Assim, os alimentos biofortificados apresentam níveis mais elevados de determinados micronutrientes em comparação com alimentos convencionais (Graciano et al., 2019).

3.3 Banco de germoplasma

Os bancos de germoplasma desempenham um papel crucial na preservação de informações genéticas valiosas de plantas, ajudando a evitar perdas importantes. Seu principal objetivo é conservar a biodiversidade e garantir a variabilidade genética, que são essenciais para o futuro de projetos de melhoramento de espécies (Guerra; Santos, 2023).

Desta forma, os bancos de germoplasma tem um papel fundamental na expansão da diversidade genética das espécies. Isso ocorre devido à sua capacidade de abrigar genótipos com características distintas quando comparados a um genótipo considerado um padrão comercial (Mattedi et al., 2011).

Os genótipos armazenados em bancos de germoplasma têm uma utilidade potencial, podendo ser diretamente empregados como variedades comerciais ou incorporados em programas de melhoramento genético com o objetivo de desenvolver novas cultivares. No entanto, a preservação da variabilidade genotípica se tornaria de pouco valor se os acessos contidos não fossem devidamente caracterizados e submetidas a avaliações apropriadas (Fukuda et al., 2005). As linhagens de alface biofortificadas e tropicalizada desenvolvidas na UFU e registrado no Software BG α BIOFORT INPI BR512019002403-6 estão em constante avaliação e caracterização (Maciel et al., 2019).

3.4 Dissimilaridade genética

O êxito de um programa de melhoramento depende, primordialmente, da presença de diversidade genética, que possibilita que os procedimentos de seleção conduzam a avanços genéticos substanciais (Bernardo, 2002).

O reconhecimento das variações nas constituições genéticas, tanto dentro de grupos quanto entre grupos de genótipos, desempenha um papel crucial em programas de melhoramento. Isso está intrinsecamente ligado a essencial tarefa de identificar genitores que apresentam divergências genéticas significativas, as quais podem conduzir à geração de progênie com níveis acentuados da heterose. Esse enfoque visa, conseqüentemente, aumentar a probabilidade de obter indivíduos com características superiores (Cruz; Regazzi, 1997).

Os indivíduos são alocados para recombinação, resultando na criação de novas variedades. Para esse fim, os métodos mais comuns empregados incluem a otimização de Tocher e o UPGMA (Barrado, 2023).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo (Figura 1), situada em uma região com um clima classificado como Aw-tropical de acordo com a classificação de Köppen (1948). Esse clima é caracterizado por invernos frios e secos e verões quentes e úmidos.



Figura 1: Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Para a realização do experimento foram selecionadas 18 linhagens de alface provenientes do Programa de Melhoramento Genético de Alface Biofortificada da UFU, juntamente com duas cultivares comerciais como testemunhas (Tabela 1). Vale ressaltar que as linhagens estão registradas no Software BG α BIOFORT INPI BR512019002403-6 (Maciel et al., 2019).

Tabela 1: Linhagem de alfaces biofortificadas e testemunhas avaliadas no estudo.

Código	Linhagens
1	UFU-189#3#1#1

2	UFU-155#1#1#1
3	UFU-120#1#1#1
4	UFU-189#1#2#1
5	UFU-7#1#1#1
6	UFU-206#3#1#1
7	UFU-75#1#3#1
8	UFU-197#1#1
9	UFU-199#2#1#1
10	UFU-155#1#2#1
11	UFU-189#3#4#1
12	UFU-189#3#2#1
13	UFU-199#1#1#1
14	UFU-Biofort
15	UFU-215#3#2
16	UFU-215#1#2
17	UFU-MiniBioFort-2015#1
18	UFU-66#7
19	cv. comercial Grand Rapids
20	cv. comercial Belíssima

A semeadura foi realizada utilizando bandejas de poliestireno expandido contendo 200 células preenchidas com um substrato à base de fibra de coco. Após o processo de semeadura, as bandejas foram transferidas para uma estrutura de casa de vegetação de formato arqueado, com dimensões de 5x6 metros e altura de 3,5 metros, revestida com filme de polietileno transparente com espessura de 150 micra com aditivos de proteção contra raios ultravioletas.

Após 35 dias após o semeio, foi realizado o transplântio das mudas para o campo (Figura 2). Todos os procedimentos de manejo e condução das plantas seguiram as recomendações de Filgueira (2013).



Figura 2: Mudas das linhagens e cultivares comerciais de alface transplantadas para o campo, na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

O experimento foi organizado sob o delineamento em blocos casualizado (DBC), onde cada parcela experimental consistiu de 14 plantas. As plantas foram dispostas em fileiras duplas com espaçamento de 0,25 metros entrelinhas, tanto na linha quanto entre as linhas. O experimento foi dividido em quatro blocos independentes, com o objetivo de minimizar possíveis variações e garantir a robustez dos resultados. A irrigação foi conduzida por meio de sistema de gotejamento.

Para as avaliações agronômicas foram selecionadas as quatro plantas centrais de cada parcela. Mensurou-se o número de folhas com mais de 5 cm, o comprimento do caule, além do diâmetro de planta e do caule, utilizando uma régua para as medições. A temperatura de cada planta foi obtida com um termômetro digital infravermelho. As plantas também foram pesadas com o auxílio de uma balança eletrônica.

Procedeu-se as análises multivariadas da dissimilaridade genética entre os genótipos, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D_{ii}^2). A dissimilaridade genética foi representada por meio de um dendrograma gerado pelo método hierárquico UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages). O agrupamento de UPGMA

foi validado pelo coeficiente de correlação cofenético (CCC) calculado pelo teste de Mantel (1967). A contribuição relativa dos caracteres foi determinada segundo o método de Singh (1981). Todos os dados coletados foram analisados com o auxílio do software Genes (Cruz, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos parâmetros agronômicos das linhagens e cvs. comerciais está apresentada na forma de mapa de calor (Figura 3). Adotou-se o ponto de corte no dendrograma na posição de mudanças abruptas, seguindo o critério proposto por Mojena (1977) com um CCC de 77%. Esse valor indica uma correlação positiva entre a representação gráfica (dendrograma) e a matriz de dissimilaridade (Mukaka, 2016) tornando possível a execução de inferências por meio da análise visual do dendrograma. Foi possível inferir que existe dissimilaridade genética entre as linhagens avaliadas.

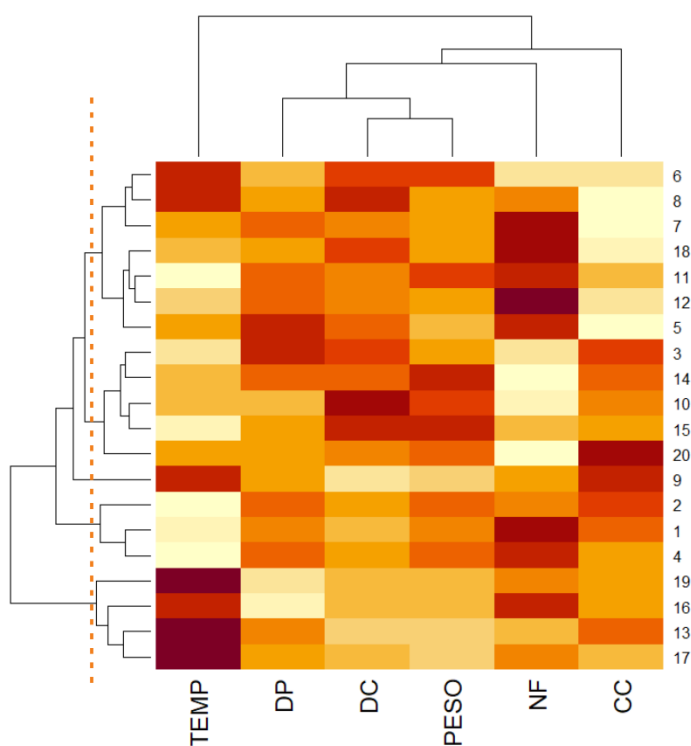


Figura 3: Mapa de calor dos parâmetros agrônômicos das linhagens e cultivares comerciais. Cores mais escuras indicam que o genótipo apresentou maior resposta para a variável analisada e cores mais claras menores respostas. 1: UFU-189#3#1#1; 2: UFU-155#1#1#1; 3: UFU-120#1#1#1; 4: UFU-189#1#2#1; 5: UFU-7#1#1#1; 6: UFU-206#3#1#1; 7: UFU-75#1#3#1; 8: UFU-197#1#1; 9: UFU-199#2#1#1; 10: UFU-155#1#2#1; 11: UFU-189#3#4#1; 12: UFU-189#3#2#1; 13: UFU-199#1#1#1; 14: UFU-Biofort; 15: UFU-215#3#2; 16: UFU-215#1#2; 17: UFU-MiniBioFort-2015#1; 18: UFU-66#7; 19: cv. comercial Grand Rapids; 20: cv. comercial Belíssima. Número de folhas (NF), comprimento do caule (CC), diâmetro de planta (DP), diâmetro do caule (DC), temperatura foliar (TEMP) e peso médio da planta (PESO).

Houve a formação de cinco grupos distintos entre si. Observou-se que o primeiro grupo foi composto por sete linhagens (UFU-206#3#1#1, UFU-197#1#1, UFU-75#1#3#1, UFU-66#7, UFU-189#3#4#1, UFU-189#3#2#1 e UFU-7#1#1#1). O segundo grupo foi formado por quatro linhagens (UFU-120#1#1#1, UFU-Biofort, UFU-155#1#2#1, UFU-215#3#2) e pela cv. comercial. Belíssima. Já o terceiro grupo foi formado apenas pela linhagem UFU-199#2#1#1 e o quarto grupo por três linhagens (UFU-155#1#1#1, UFU-189#3#1#1 e UFU-189#1#2#1). Por fim, o último grupo foi formado pela cv. comercial Grand Rapids e pelas linhagens UFU-215#1#2, UFU-199#1#1#1 e UFU-MiniBioFort-2015#1.

Para a característica número de folhas houve destaque para as linhagens UFU-75#1#3#1, UFU-66#7, UFU-189#3#2#1 e UFU-189#3#1#1. Simultaneamente, os mesmos genótipos apresentaram os menores comprimentos de caule, uma característica desejada em alfaces tropicalizadas já que apresentam pendoamento precoce, mesmo quando cultivadas em temperaturas mais elevadas.

Nota-se também que as linhagens com temperaturas mais elevadas (UFU-MiniBioFort-2015#1, UFU-199#1#1#1, UFU-215#1#2 e a cv. comercial Grand Rapids), que são as cultivares do grupo cinco, apresentaram menor peso e diâmetro de caule. Esse efeito pode estar relacionado ao estresse térmico sofrido pelas plantas.

Em adição, observa-se que as linhagens com maior comprimento de caule, como UFU-120#1#1#1, UFU-Biofort e UFU-155#1#2#1, apresentam uma menor quantidade de folhas. Esse padrão pode estar relacionado à alocação de recursos para o crescimento estrutural da planta em detrimento da produção foliar.

A técnica multivariada de quantificação da distância de Mahalanobis permite quantificar a importância relativa de caracteres para a diversidade genética por meio da avaliação da contribuição destes para os valores de D^2 (BENITEZ et al, 2011). O uso dessas análises na avaliação de variáveis de produtividade, permite uma visualização mais clara da dissimilaridade genética e pode auxiliar nos cruzamentos em programas de melhoramento genético (DE SOUSA et al., 2020).

A maior contribuição relativa na discriminação dos genótipos avaliados foi a característica número de folhas (34,79%), seguida do comprimento do caule (25,52%), diâmetro do caule (13,28%), peso da planta (13,17%), diâmetro da planta (9,47%) e temperatura foliar (3,73%) (Tabela 2). Este resultado demonstra o potencial dos genótipos analisados, já que a característica que mais contribuiu para a dissimilaridade é a parte consumida da planta e de importância econômica.

Tabela 2: Contribuição relativa dos caracteres agronômicos na dissimilaridade genética das linhagens de alfaces e cultivares comerciais segundo critério de Singh (1981).

Caracteres agronômicos	S.j(%)
Peso da planta	13,17
Número de folhas	34,79
Diâmetro do caule	13,28
Comprimento do caule	25,52
Diâmetro da planta	9,47
Temperatura foliar	3,73

Com base nesses resultados, é possível identificar linhagens mais promissoras para o programa de melhoramento genético, priorizando aquelas com maior número de folhas e menor comprimento de caule. Dessa forma, busca-se desenvolver híbridos mais produtivos e adaptados ao clima tropical, o que facilita o manejo e reduz os custos para os produtores.

6 CONCLUSÕES

Foi possível verificar a existência de dissimilaridade genética entre as linhagens de alfaces biofortificadas e tropicalizadas avaliadas, sendo possível identificar genótipos promissores para o desenvolvimento do programa de melhoramento genético de alfaces biofortificadas da UFU com potencial agronômico.

REFERÊNCIAS

AUGUSTO, Júlio et al. Produção de alface americana orgânica sob doses de pó de rocha basáltica, composto orgânico e microrganismos eficientes. *Agrarian*, v. 15, n. 55, p. e15153-e15153, 2022.

BARRADO, Larissa Cotrin. Dissimilaridade genética para compostos bioativos em híbridos de alfaces biofortificadas. 2023.

BENITEZ, Letícia Carvalho et al. Análise multivariada da divergência genética de genótipos de arroz sob estresse salino durante a fase vegetativa. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 409-416, 2011.

BERNARDO, R. *Breeding for quantitative traits in plants*. Woodbury: Stemma Press, 2002. 360 p.

CARVALHO, M. F. et al. Desfolha em alface influencia na produção e qualidade fisiológica de sementes. In: **CISAGRO 2021**, Uberlândia-MG, 2021. Disponível em: <https://doity.com.br/anais/cisagro2021/trabalho/227281>.

COSTA, C. P. da; SALA, Fernando Cesar. A evolução da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 1, p. 158-159, 2005.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

DE CARVALHO, José Luiz Viana; NUTTI, Marília Regini. Biofortificação de produtos agrícolas para nutrição humana. 2012.

DE SOUSA, L. A. et al. Genetic dissimilarity between biofortified lettuce genotypes for leaf carotenoid levels. *Comunicata Scientiae*, v. 11, e3348, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/cs.v11i.3348>.

DE STEUR, H. et al. Potential impact and cost effectiveness of multi-biofortified rice in China. *Nature Biotechnology*, v. 29, p. 432-442, 2012.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3. ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

FRITSHE-NETO, R.; BORÉM, A. *Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos*. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2011.

GRACIANO, P. D. et al. Biofortificação agronômica com zinco em cultivares de alface crespa, 2019.

GUERRA, Y. de L.; SANTOS, M. G. da S. *Banco de Germoplasma (BGs) - Uma biotecnologia essencial para preservação de informações genéticas*. Seven Editora, 2023. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/2303>.

GUIMARÃES, C. M. et al. Agronomic performance of lettuce cultivars submitted to different irrigation depths. *PLoS ONE*, v. 14, n. 12, e0224264, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224264>.

LI, X.; MENG, J.; SUN, N. J. F.; YU, F. Effects of Anthocyanins from Blueberry on Lowering Cholesterol and Antioxidation. *Food & Fermentation Industries*, 2008.

LOUREIRO, Marina Paraluppi et al. Biofortificação de alimentos: problema ou solução? *Segurança Alimentar e Nutricional*, v. 25, n. 2, p. 66-84, 2018.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research*, v. 27, n. 2, p. 209-220, 1967.

MACHADO, Edna Lôbo et al. Dissimilaridade genética entre cultivares de mamoneira por meio de marcadores RAPD. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, p. 342-345, 2013.

MACIEL, G. M. et al. Programa de computador BG a Biofort. Depositante: Universidade Federal de Uberlândia. **BR512019002403-6**. Depósito: 01 fev. 2019. Concessão: 23 out.

MATTEDI, A. P. et al. Qualidade dos frutos de genótipos de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortalças da Universidade Federal de Viçosa. *Revista Ceres*, v. 58, p. 525-530, 2011.

MEDEIROS, D. C. et al. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 433-436, 2007.

NUTTI, M. R. et al. Biofortificação de feijão-caupi no Brasil. In: **CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI**, Belém, PA. *Da agricultura de subsistência ao agronegócio*. Belém, PA, 2009. p. 26-38.

OHSE, Silvana et al. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. *Scientia Agrícola*, v. 58, p. 181-185, 2001.

OLIVEIRA, Antônio Marcos Pires et al. Desempenho de diferentes variedades de alface americana nas condições da Amazônia Oriental. *Revista Ciência Agrícola*, v. 14, n. 1, p. 1-5, 2016.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. da. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/CBjR93vn5NKt4Z9BLMWWYDJ/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: [data de acesso].

SILVA, Derly José Henriques; MOURA, Maria C. C. L.; CASALI, Vicente Wagner D. Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: histórico e expedições de coleta. *Horticultura Brasileira*, v. 19, p. 108-114, 2001.

SOUSA, Cristina Soares de et al. Divergência genética entre genótipos de alfases por meio de marcadores AFLP. *Bragantia*, v. 66, p. 11-16, 2007.

ZIKANKUBA, V. L. et al. Staple crops biofortification linking agriculture, food and nutrition towards eliminating hidden hunger. *European Journal of Nutrition and Food Safety*, v. 9, p. 112-121, 2019.