



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

FLÁVIA DE OLIVEIRA BORGES COSTA NEVES

**SEMENTES DE ALFACE BIOFORTIFICADA SUBMETIDAS AO
CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO, SECAGEM, TOLERÂNCIA A
TERMOINIBIÇÃO E ARMAZENAMENTO**

UBERLÂNDIA

2023

FLÁVIA DE OLIVEIRA BORGES COSTA NEVES

**SEMENTES DE ALFACE BIOFORTIFICADA SUBMETIDAS AO
CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO, SECAGEM, TOLERÂNCIA
A TERMOINIBIÇÃO E ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Pós-Graduação
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de mestre

Orientador: Prof. Dr. Hugo César
Rodrigues Moreira Catão

UBERLÂNDIA

2023

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

N518s
2023 Neves, Flávia de Oliveira Borges Costa, 1989-
 Sementes de alface biofortificada submetidas ao condicionamento
 fisiológico, secagem, tolerância a termoinibição e armazenamento
 [recurso eletrônico] / Flávia de Oliveira Borges Costa Neves. - 2023.

 Orientador: Hugo César Rodrigues Moreira Catão.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
 Modo de acesso: Internet.
 Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.8110>
 Inclui bibliografia.
 Inclui ilustrações.

 1. Agronomia. I. Catão, Hugo César Rodrigues Moreira, 1983-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU:631

FLÁVIA DE OLIVEIRA BORGES COSTA NEVES

SEMENTES DE ALFACE BIOFORTIFICADA SUBMETIDAS AO
CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO, SECAGEM, TOLERÂNCIA A
TERMOINIBIÇÃO E ARMAZENAMENTO

Dissertação apresentada à Pós-Graduação de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de mestre

Área de concentração: Produção Vegetal

Uberlândia/MG, 25 de agosto de 2023

Banca Examinadora:

Dra. Denise Garcia de Santana	UFU
Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel	UFU
Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes	UNIPAM

Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão
ICIAG - UFU
Orientador

UBERLÂNDIA

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 011/2023, PPGAGRO				
Data:	Vinte e cinco de agosto de dois mil e vinte e três	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	12:00
Matrícula do Discente:	12112AGR004				
Nome do Discente:	Flávia de Oliveira Borges Costa Neves				
Título do Trabalho:	Sementes de alface biofortificada submetidas ao condicionamento fisiológico, secagem, tolerância a termoinibição e armazenamento				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Denise Garcia de Santana - UFU; Gabriel Mascarenhas Maciel - UFU; Luiz Antonio Augusto Gomes - UNIPAM; Hugo César Rodrigues Moreira Catão - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/08/2023, às 11:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Mascarenhas Maciel, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/08/2023, às 11:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Antonio Augusto Gomes, Usuário Externo**, em 04/09/2023, às 18:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Garcia de Santana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/09/2023, às 15:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4750679** e o código CRC **252CB58D**.

Dedico este trabalho à DEUS, ao meu maior exemplo e maior mestre existente: JESUS que foi quem permitiu este trabalho, depois à minha filha Ester e à minha mãe, minha família pelo amor, carinho e cuidados!!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo que me proporcionou, me fazendo chegar até aqui! Ao SENHOR JESUS minha sincera gratidão por todas as conquistas concedidas, por me capacitar, por acreditar em mim, por ser meu porto seguro, minha real motivação de vida, permitindo a realização dos meus sonhos para a tua glória e poder sobre a minha vida.

Agradeço à minha filha linda Ester, meu presente que Deus me concedeu, você foi minha motivação de vida, um pedacinho do céu, um anjo em minha vida que veio para somar forças para mim e me trazer alegria. Você foi parte do melhor de Deus preparado para mim! Agradeço à minha mãe e amiga Mardilene, guerreira, que me ajudou muito juntamente com Deus a chegar até aqui, por me ajudar sempre nas grandes conquistas da minha vida, pelo amor, pela dedicação como mãe nos meus estudos e em minha vida, sempre do meu lado.

Agradeço ao meu marido, pelo apoio, carinho.

Agradeço ao professor e amigo Hugo pela orientação, amizade e toda ajuda, que além de orientador se tornou um amigo. Sou grata pelas suas contribuições nesta caminhada, por me orientar neste trabalho.

Aos professores da UFU, pelos ensinamentos, paciência e amizade nesta caminhada.

Aos colegas do LASEM (Laboratório de Sementes) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU): Adílio, Júlia, Sofia, Rossana e outros alunos pela contribuição neste trabalho desde o início do projeto, pela prestatividade, colaboração e amizade.

Agradeço à FAPEMIG (Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela bolsa concedida durante o curso e financiamento do projeto.

Agradeço também, ao coordenador da Pós-Graduação Marcos Vinícius juntamente com toda a coordenação, por permitir o meu afastamento aos cuidados da minha gestação.

Agradeço a todos que direta e indiretamente foram contribuintes comigo desta caminhada, em especial à uma grande amiga Fernanda Rezende pelas orações, conselhos, pela amizade sincera que temos, por me abençoar durante este tempo! Minha gratidão a todos vocês!

MUITO OBRIGADA À TODOS VOCÊS!

Bendiga, ó minha alma, ao Senhor, e não me
esqueço de nenhum dos seus benefícios.

Salmos 103:2

RESUMO

O condicionamento fisiológico ou “priming” é um conjunto de técnicas que melhoram a qualidade e o desempenho de lotes de sementes e/ou das plântulas produzidas, principalmente sob condições de estresse. A termoinibição da germinação em sementes de alface causa perdas expressivas para os produtores, os quais não dispõem de cultivares comerciais termotolerantes. Informações a respeito do período no qual o condicionamento se mantém viável após a secagem, armazenamento e proporcionar a germinação das sementes de alface em altas temperaturas são incipientes. Objetivou-se com este trabalho analisar a tolerância a termoinibição de sementes de linhagens alface biofortificada após serem submetidas ao condicionamento fisiológico, métodos de secagem e diferentes períodos de armazenamento. Foram produzidas sementes de dez genótipos do Programa de Melhoramento Genético de Alface Biofortificada da UFU, além das cultivares Everglades (tolerante à termoinibição) e Grand Rapids (sensível à termoinibição). No primeiro ensaio as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico com posterior armazenamento por 0, 30, 60 dias. Foram avaliados os aspectos fisiológicos da germinação e a tolerância à termoinibição nas temperaturas de 20°C e 35°C, em esquema fatorial 12 x 3 x 2 (12 genótipos x 3 períodos de armazenamento x 2 temperaturas). No segundo ensaio foi realizado o condicionamento fisiológico das sementes, sendo posteriormente, submetidas a diferentes tratamentos de secagem: testemunha (sementes sem condicionamento - Test); sementes condicionadas e sem secagem (Cond); secagem lenta (SL); secagem rápida (SR); choque térmico + secagem lenta (CTSL); choque térmico + secagem rápida (CTSR); redução do teor de água + secagem lenta (rSL); e redução do teor de água + secagem rápida (rSR) com armazenamento por 0, 30 e 60 dias. Foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes e verificada a tolerância à termoinibição (20°C e 35°C). O segundo ensaio foi analisado em esquema fatorial 8 x 3 x 2 (métodos de secagem x períodos de armazenamento x temperatura). As sementes de alface biofortificada UFU125#1#1#1 são tolerantes à termoinibição após o condicionamento fisiológico e os efeitos são mantidos no armazenamento. Há redução da qualidade fisiológica e da tolerância a termoinibição das sementes dos demais genótipos, após o condicionamento fisiológico e armazenamento. Após o armazenamento, há aumento da mortalidade e menor sincronia de germinação em sementes condicionadas dos genótipos de alface biofortificados nas temperaturas de 35°C. A secagem de sementes de alface condicionadas deve ser realizada preferencialmente de forma lenta, com ou sem redução do teor de água inicial, para manter a tolerância a termoinibição no armazenamento.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; termodormência; priming; secagem; armazenamento.

ABSTRACT

Physiological conditioning or “priming” is a set of techniques that improve the quality and performance of batches of seeds and/or plants produced, mainly under stress conditions. The thermoinhibition of germination in lettuce seeds causes significant losses for producers, who do not supply thermotolerant commercial cultivars. Information regarding the period in which conditioning remains viable after drying, storage and allows germination of lettuce seeds at high temperatures is incipient. The objective of this work was to analyze the tolerance to thermoinhibition of seeds from biofortified lettuce lines after being subjected to physiological conditioning, drying methods and different storage periods. Seeds of ten genotypes from the UFU Biofortified Lettuce Genetic Improvement Program were produced, in addition to the cultivars Everglades (tolerant to thermoinhibition) and Grand Rapids (sensitive to thermoinhibition). In the first test, the seeds were subjected to physiological conditioning with subsequent storage for 0, 30, 60 days. The physiological aspects of germination and tolerance to thermoinhibition were evaluated at temperatures of 20°C and 35°C, in a 12 x 3 x 2 factorial scheme (12 genotypes x 3 storage periods x 2 temperatures). In the second test, the seeds were physiologically conditioned and subsequently subjected to different drying treatments: control (seeds without conditioning - Test); conditioned and non-drying sensations (Cond); smooth slow (SL); quick drying (SR); thermal shock + slow (CTSL); thermal shock + quick dry (CTSR); water content reduction + slow (rSL); and reduced water content + rapid drying (rSR) with storage for 0, 30 and 60 days. The physiological quality of sensations was evaluated and tolerance to thermoinhibition (20°C and 35°C) was verified. The second trial was analyzed in an 8 x 3 x 2 factorial scheme (drying methods x storage periods x temperature). UFU125#1#1#1 biofortified lettuce seeds are tolerant to thermoinhibition after physiological conditioning and the effects are maintained in storage. There is a reduction in the physiological quality and thermoinhibition tolerance of seeds from other genotypes, after physiological conditioning and storage. After storage, there is increased mortality and lower germination synchrony in seeds conditioned from biofortified lettuce genotypes at temperatures of 35°C. Drying of conditioned lettuce seeds should preferably be carried out slowly, with or without reducing the initial water content, to maintain tolerance to thermoinhibition during storage.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; thermodormancy; priming; drying; storage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Fluxograma do condicionamento fisiológico (osmocondicionamento).....	13
FIGURA 2	Teor de água (%) de sementes de genótipos de alface biofortificadas antes, após condicionamento fisiológico e após a secagem.....	20
FIGURA 3	Número de sementes remanescentes* (viáveis e mortas) de genótipos de alface biofortificadas pelo teste de tetrazólio em função das temperaturas de germinação e períodos de armazenamento.....	27
FIGURA 4	Distribuição de frequência relativa da germinação a 20 °C de sementes de genótipos de alface biofortificadas após o condicionamento fisiológico e armazenamento.....	29
FIGURA 5	Distribuição de frequência relativa da germinação a 35 °C de sementes de genótipos de alface biofortificadas após o condicionamento fisiológico e armazenamento.....	32
FIGURA 6	Teor de água (%) de sementes de genótipos de alface biofortificadas antes, após condicionamento fisiológico e após a secagem.....	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Primeira contagem de germinação (%) de sementes de genótipos de alface biofortificadas após o condicionamento fisiológico em função das temperaturas de 20°C e 35°C e períodos de armazenamento.....	22
TABELA 2	Germinação (%) de sementes de genótipos de alface biofortificadas após o condicionamento fisiológico em função das temperaturas de 20°C e 35°C e períodos de armazenamento.....	24
TABELA 3	Índice da velocidade de germinação de sementes de genótipos de alface biofortificadas após o condicionamento fisiológico em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.....	26
TABELA 4	Primeira contagem de germinação (%) de sementes de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico e métodos de secagem em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.....	36
TABELA 5	Germinação (%) de sementes de genótipos de alface após o condicionamento fisiológico e métodos de secagem em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.....	37
TABELA 6	Emergência inicial e final (%) de plântulas de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico e métodos de secagem em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSCEM	Associação Brasileira de sementes
ANAVA	Quadro de Análise de Variância
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizados
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia
IVG	Índice de velocidade de germinação
LASEM	Laboratório de sementes do Instituto de Ciências Agrárias da UFU
LMV	<i>Lettuce mosaic virus</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PCG	Primeira contagem de germinação
RAS	Regras para Análise de Sementes
RNC	Registro Nacional de Cultivares
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Descrição da cultura da Alface - <i>Lactuca sativa</i> (L.)	3
2.2. Aspectos morfológicos, agronômicos e importância econômica.....	4
2.3 Biofortificação	5
2.4. Condições climáticas e termoinibição: causas e efeitos.....	7
2.5. Condicionamento fisiológico em sementes de hortaliças	10
2.5.1. Osmocondicionamento	12
2.6. Secagem e armazenamento das sementes após o condicionamento.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Ensaio 1.....	16
3.2. Ensaio 2.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Ensaio 1.....	20
4.2. Ensaio 2.....	34
5. CONCLUSÕES.....	40
6. REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Os vegetais folhosos representam 35% da área de espécies vegetais cultivadas no Brasil. A alface (*Lactuca sativa* L.) ocupa 174 mil hectares de área plantada sendo a hortaliça folhosa mais produzida e consumida (Pessoa; Machado Júnior, 2021). As cultivares produzidas no Brasil tem um ciclo que varia entre 120 e 170 dias para a produção de sementes. A planta tem seu desenvolvimento em duas fases: a vegetativa que vai do plantio até o ponto de colheita para consumo in natura; e a fase reprodutiva, que se inicia quando a planta começa a emitir haste floral (pendão) e vai até a produção das sementes (Taveira, 2018).

As condições climáticas, especialmente a temperatura, no momento da germinação é um fator que causa influência na qualidade dos lotes de sementes obtidos (Wang et al. 2015). A maioria das sementes não germinam em temperaturas acima de 30 °C, podendo ocorrer inibição temporária (termoinibição) ou completa da germinação (termodormência), em razão do enrijecimento do endosperma que acaba restringindo a protrusão da radícula (Nascimento et al., 2012; Catão et al., 2018). Sendo assim, prejuízos importantes ocorrem na germinação das sementes desta hortaliça, após a produção e armazenamento sob altas temperaturas (Catão et al., 2014; Catão et al., 2016; Catão et al., 2018).

Sabe-se, no entanto, que existe variabilidade genética para esta característica em espécies do gênero *Lactuca*, apresentando tolerância à termoinibição em temperaturas de até 35 °C. Sementes da cultivar Everglades (*Lactuca sativa* L.) (Nascimento et al., 2012; Catão et al., 2014) e do acesso de *Lactuca serriola* US96UC23 (Argirys et al., 2011; Yoong et al., 2016) germinaram em temperaturas acima de 30 °C. O desenvolvimento de cultivares termotolerantes ou tolerantes à altas temperaturas tem grande importância comercial, pois na prática iria beneficiar produtores em regiões com alta temperatura ou em época de verão, tanto para a produção de sementes e mudas.

Por outro lado, não existem cultivares comerciais de alface tolerantes à termoinibição registradas no RNC/MAPA (Brasil, 2023) disponíveis para o mercado brasileiro, o que leva à necessidade de se observar previamente, quando da sementeira, as condições de temperatura da região onde se vai produzir as mudas. Também não existem cultivares biofortificadas e tolerantes a termoinibição registradas.

Alfices biofortificadas podem promover o bem-estar para todos, em todas as idades, cumprindo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), por meio de uma agricultura sustentável e da alimentação saudável, assegurando qualidade de vida. As alfices biofortificadas são ricas em carotenoides, em particular os carotenos e as xantofilas, compostos dietéticos importantes para a saúde humana e podem ser aumentados e ter mais biodisponibilidade na matriz alimentar (Oliveira et al., 2020).

Apesar da relevância dos alimentos biofortificados, poucos estudos enfocaram a tolerância à termoinibição usando tratamentos pré-germinativos e armazenamento de sementes de genótipos de alface ricas em carotenoides. Os métodos de pré-germinação ou condicionamento fisiológico variam de acordo com a espécie, o tamanho, qualidade fisiológica inicial do lote de sementes e principalmente nos fatores como contato das sementes com a água, solução osmótica ou matriz. As variáveis como temperatura, potencial hídrico, período de condicionamento e oxigenação das sementes neste processo tem sido pesquisados.

O condicionamento fisiológico de sementes ou “*priming*” é um conjunto de técnicas destinadas a realçar a qualidade ou beneficiar o desempenho de lotes de sementes e/ou das plântulas produzidas. Dentre os procedimentos disponíveis, destacam-se o hidrocondicionamento, o osmocondicionamento e o matricondicionamento, sendo o armazenamento das sementes condicionadas um aspecto fundamental a ser resolvido, com vistas para uso do processo em escala comercial (Kikuti; Marcos-Filho, 2009; Marcos-Filho, 2005).

Sendo assim, alternativas devem ser buscadas para que amenizem os efeitos negativos ocasionados pelos diversos tipos de estresses. Dentre estas, a técnica do condicionamento fisiológico em sementes vem sendo citada como atenuadora de estresses abióticos, e consiste na embebição controlada das sementes, suficiente para promover a ativação das fases iniciais da germinação, fases I e II, sem que ocorra protrusão da raiz primária na fase III (Marcos-Filho, 2015).

O condicionamento pode ser feito por meio do hidrocondicionamento, com uso de água para hidratação das sementes, e do condicionamento osmótico (osmocondicionamento), utilizando o emprego de soluções de polietilenoglicol, manitol e sais, utilizados para sementes em algumas hortaliças. Essa embebição controlada pode induzir mecanismos de proteção e reparação em sementes, resultando em uma possível

aclimatização e permitindo que as sementes tolerem um estresse futuro (Kubala et al., 2015).

Assim, o condicionamento fisiológico é uma ferramenta eficiente para envigorar sementes de alface, mas esse benefício pode ser perdido rapidamente dependendo do método de secagem e períodos de armazenamento. Ainda faltam informações tanto em relação à secagem e armazenamento de sementes após osmocondicionamento quanto à tolerância a termoinibição em sementes de alface, onde o aspecto a ser observado, seria o período no qual o condicionamento/secagem se manteriam viável no armazenamento e proporcionaria a germinação das sementes de alface em altas temperaturas (Dantas, 2019).

Diante disso, objetivou-se com este trabalho analisar a tolerância a termoinibição de sementes de genótipos de alface biofortificados após serem submetidas ao condicionamento fisiológico, métodos de secagem e diferentes períodos de armazenamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição da cultura da Alface - *Lactuca sativa* (L.)

A alface pertencente à família Asteraceae, é uma espécie originária mediterrânea oriunda da Ásia e veio para o Brasil por meio dos portugueses no século XVI. A planta é herbácea, apresentando um caule muito curto, ao qual se prendem as folhas (lisas ou crespas), fechando-se na forma de "cabeça" nos cultivares do tipo repolhudo, preferido pelo consumidor brasileiro. Ao olericultor apenas interessa o ciclo vegetativo da alface, que se encerra quando a "cabeça" estiver completamente desenvolvida (Filgueira, 2003).

No final do ciclo vegetativo, se ocorrer estímulo do ambiente, a planta passa para o ciclo reprodutivo, emitindo uma haste floral que atinge mais ou menos um metro de altura (Filgueira, 2003). A alface é uma planta de autofecundação que se originou na região do Mar Mediterrâneo. As primeiras indicações de sua existência são de 4.500 anos a.C. em pinturas nos túmulos do Egito, região considerada como o possível centro de origem (Lindqvist, 1960b; Whitaker, 1974).

Dentre as olerícolas de importância, é considerada a hortaliça folhosa de maior consumo no Brasil, e no mundo (Filgueira, 2003), apresentando em sua constituição nutricional alto teor de cálcio, fósforo, potássio e vitaminas A, B e C, além de vitaminas

B1 e B2. Apresenta baixo teor calórico (Fernandes et al., 2002; Viggiano, 1990). Dentre os diferentes tipos de alface, a alface-crespa é a mais importante no mercado em termos de consumo e preço e possui a preferência de 70% do mercado brasileiro, seguida das alfaces americana, lisa e romana. A coloração das plantas pode variar do verde-amarelo até o verde escuro e roxa, dependendo da cultivar (IAC, 2005).

Definir os tipos de alface é importante pois a diversidade nas características morfológicas e fisiológicas entre os grupos possibilitam diferenciar as variedades no cultivo, nos aspectos de manejo e na conservação pós-colheita.

2.2. Aspectos morfológicos, agronômicos e importância econômica

As cultivares de alface podem ser agrupadas em seis tipos morfológicos principais, com base na formação de cabeça e tipo de folhas: 1) Tipo repolhuda-manteiga, folhas lisas, verde-amarelo, forma cabeça compacta; 2) Tipo repolhuda-crespa (americana), folhas crespas, bem consistentes, forma cabeça compacta; 3) Tipo solta-lisa, folhas lisas, soltas, não forma cabeça; 4) Tipo solta-crespa, folhas crespas, soltas, consistentes, não forma cabeça; 5) Tipo Mimosa, folhas delicadas, aspecto arrepiado, não forma cabeça; 6) Tipo Romana, folhas alongadas, consistentes, forma cabeça fofa (Filgueira, 2003).

Segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), a alface é a terceira hortaliça em volume de produção, ficando atrás apenas da melancia e do tomate. Em uma área de 831.000 ha no Brasil, as hortaliças folhosas correspondem a 37%, ocupando 303.965 ha (ABCSEM, 2020). A cultura é plantada em todo o território brasileiro sob diferentes condições climáticas e consumida em diferentes hábitos de consumo (Costa; Sala, 2005). É uma das hortaliças mais cultivadas em hortas domésticas. Porém, nos últimos anos devido ao consumo crescente tem aumentado a produção em larga escala.

Os tipos varietais mais produzidos são lisas, crespas, mimosa, americana, romana, roxa/vermelha e mini alface (Sala; Costa, 2012). Dentre os tipos de alfaces comercializadas, a crespa em 2020 correspondeu a 60% da área total de produção de alface e continua liderando o mercado atual 61% (ABCSEM, 2020).

Vale ressaltar que as cultivares de alfaces crespas e lisas foram melhoradas para o cultivo de verão ou adaptadas para regiões tropicais, com temperaturas e pluviosidade

elevadas, sendo que nos últimos anos foram desenvolvidas cultivares roxas e com as folhas frisadas.

Produtores e consumidores aumentaram também seu interesse pelo tipo de alface “repolhuda crespa ou americana”, pela sua apreciação na forma in natura, sabor e forma. Esse tipo de alface é amplamente utilizado pela indústria de processamento mínimo pelo fato de suportar melhor o processamento, quando comparada com outras cultivares. A alface “americana” também é muito utilizada por redes de “*fast food*” como ingrediente de sanduíches por sua crocância, textura (EMBRAPA, 2009).

Assim, a definição dos tipos de alface é importante porque a diversidade nas características morfológicas e fisiológicas entre os grupos determina grandes diferenças e características peculiares típicas no manejo, no cultivo, na produção de sementes e na conservação pós-colheita. Existem cultivares que apresentam características específicas, com resistência ao vírus do mosaico da alface (*Lettuce mosaic virus* - LMV), resistência ao pendoamento precoce e ao florescimento precoce em regiões quentes ou com dias longos, o que permite melhor desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2009).

Está disponível no mercado brasileiro um número expressivo de cultivares de alface, muitas das quais importadas que possuem nomes de fantasia em português ao invés do nome original. As cultivares nacionais, por outro lado, têm sido produzidas principalmente por instituições de ensino e de pesquisa, eventualmente em associação com empresas de sementes, para ofertar aos produtores cultivares de alface “tropicalizadas”, adaptadas às condições prevalentes na maior parte do território nacional, incluindo genótipos com tolerância ou resistência a doenças (Costa; Sala, 2005; Ledo et al., 2000; Sala; Costa, 2008).

2.3 Biofortificação

Os nutrientes são essencialmente necessários na manutenção da saúde humana. Possuem grande importância na alimentação, tendo por objetivo suprir as necessidades nutricionais para a prevenção de deficiências. As deficiências de minerais e nutrientes são comuns em todo o mundo, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. É estimado que mais de 60% da população mundial apresente deficiência de Ferro (Fe), 30% deficiência de Zinco (Zn) e 15% deficiência de Selênio (Se) (Sheoran et al., 2022).

As cultivares biofortificadas ou materiais genéticos biofortificados foram inicialmente desenvolvidos para combater um problema mundialmente conhecido, denominado fome oculta, que acomete em torno de 2 bilhões de pessoas no mundo (Loureiro et al., 2018). A deficiência de micronutrientes específicos, como zinco, vitamina A e ferro, é considerada um problema de saúde pública, resultando na redução da capacidade de trabalho, distúrbios no sistema imunológico e doenças como a anemia, podendo levar à morte.

A técnica de biofortificação consiste no enriquecimento nutricional dos alimentos durante seu cultivo, durante seu processo produtivo aliado ao cultivo em função dos fatores ambientais em que a cultura é produzida. Isso pode ser feito basicamente de duas maneiras: pelo melhoramento genético das culturas (convencional) o qual recebe a denominação de biofortificação genética, ou por meio do manejo da adubação, seja com os nutrientes no solo ou nas folhas das plantas. Esta última técnica é denominada biofortificação agrônômica (Moraes et al., 2020), que leva em consideração o uso de fertilizantes enriquecidos, que auxiliam no crescimento das plantas e conferem mais nutrientes aos alimentos.

A biofortificação agrônômica melhora da qualidade nutricional dos alimentos e tem sido estudada principalmente em grãos e cereais por representarem a maioria das calorias consumidas. As hortaliças folhosas possuem maior capacidade de acumular Zn, com grande potencial para absorver esse nutriente pelas raízes e acumular nas folhas. Essa informação deve ser explorada para mitigar a baixa ingestão deste micronutriente e melhorar a saúde humana. Os teores e acúmulo do Zn nas alfaces podem variar em função da quantidade de fertilizante aplicado, do genótipo e do estágio de desenvolvimento da planta (Moraes, 2020).

Embora haja poucos estudos com biofortificação de Zn em hortaliças folhosas, Clemens (2017) relata que essas culturas possuem maior potencial para o acúmulo este elemento. Espécies da família Asteraceae tendem a ter alto teor de Zn na parte aérea (White e Broadley (2011). Na literatura foram verificados trabalhos com relação à biofortificação agrônômica de Zn em folhosas (Broadley et al. 2007; Padash et al. 2016; Barrameda-Medina et al. 2017a; Barrameda-Medina et al. 2017b; White et al. 2018; Rugeles-Reyes et al. 2019).

Os carotenoides são os precursores da vitamina A (Silva; Mura, 2010). Podem ser utilizados na biofortificação sendo responsáveis por benefícios à saúde humana (Souza et

al., 2007; Cassetari et al., 2015). Várias pesquisas demonstram que há possibilidade de obtenção de genótipos de alface com elevados teores de carotenoides (Silva et al., 2007; Cassetari et al., 2015; Silveria et al., 2016; Maciel et al., 2020a, Maciel et al., 2020b).

Apesar da relevância dos alimentos biofortificados, há poucas pesquisas visando desenvolver cultivares de alfaces ricas em carotenoides no mundo. Um dos grandes entraves para o sucesso dos programas de melhoramento visando a obtenção de genótipos de alface ricos em carotenoides está relacionado ao alto custo para analisar o constituinte presente nas folhas. Para obtenção de uma nova cultivar por meio da biofortificação genética pode-se utilizar cruzamentos entre dois materiais contrastantes, com posterior utilização de um método de melhoramento que pode, ou não, utilizar novos cruzamentos.

Referente a termoinibição e a biofortificação, a obtenção de uma cultivar tolerante e nutricionalmente superior é um parâmetro desejável e se torna um alvo bastante promissor para o mercado de sementes de hortaliças.

2.4. Condições climáticas e termoinibição: causas e efeitos

O cultivo da alface apresenta limitações, principalmente devido à sensibilidade sob condições adversas de temperatura, umidade e chuva (Gomes et al., 2005; Katayama, 1993). Por apresentar vida pós-colheita curta, as zonas produtoras geralmente concentram-se perto das áreas metropolitanas, conhecidas como “cinturões-verdes” (Henz; Suinaga, 2009).

A alface é uma planta anual, originária de clima temperado, onde praticamente todas as cultivares desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo. Temperaturas mais elevadas aceleram o ciclo da cultura, e dependendo do genótipo, resultam em plantas menores porque o pendoamento é precoce (Sanders, 2013).

As condições climáticas, especialmente a temperatura, no momento da germinação, é um fator que causa influência na qualidade dos lotes de sementes obtidos (Huo et al., 2013; Wang et al. 2015). A temperatura ótima para a germinação está em torno de 20°C. A maioria das sementes não germinam em temperaturas acima de 30 °C, podendo ocorrer inibição temporária (termoinibição) ou completa da germinação (termodormência) (Sung et al., 2008; Nascimento et al., 2012; Catão et al., 2018). A termoinibição é um processo reversível, uma vez que a germinação ocorre quando a

temperatura reduz para um nível adequado, já quando ocorre a termoinibição, as sementes não germinarão após a redução da temperatura (Khan, 1980/81).

Sabe-se, que existe variabilidade genética para esta característica em espécies do gênero *Lactuca*, o que já foi observado em alguns trabalhos que mostraram tolerância das sementes da cultivar Everglades (*Lactuca sativa* L.) à germinação em temperaturas de 35 °C (Nascimento et al., 2012; Catão et al., 2014) e do acesso de *Lactuca serriola* US96UC23 (Argirys et al., 2011; Yoong et al., 2016). Por outro lado, não existem cultivares comerciais com esta característica disponíveis para o mercado brasileiro, o que leva à necessidade de se observar previamente, quando da semeadura, as condições de temperatura da região onde se vai produzir as mudas de alface.

As temperaturas elevadas estão associadas à termoinibição e durante a avaliação do teste de germinação é possível observar a presença de sementes embebidas sem protrusão radicular (Catão et al., 2018). As cultivares sensíveis a termoinibição possuem maior quantidade de manose e galactose na parede celular o que ocasiona rigidez do endosperma e impede a protrusão radicular (Nascimento et al., 2012).

Pela alface ser uma hortaliça de clima ameno, são muitas as dificuldades na produção, principalmente em condições de temperatura e luminosidade elevadas. E um dos desafios para a região do semiárido consiste em selecionar cultivares adaptadas às condições locais, e que apresentem melhor qualidade e maior produtividade, e que apresentem ainda baixa suscetibilidade ao pendoamento precoce (Medeiros, 2015).

A alface cultivada prosperou em ambiente frio e pode tolerar curtos períodos de baixas temperaturas. O clima do Mediterrâneo varia do moderado ao quente e seco, ao pouco úmido. No Egito, o clima é relativamente moderado na região costeira e quente no interior. Assim supõe-se que a alface tenha se originado na região costeira e se estendido para o sul do Egito e mais tarde para áreas frias do norte europeu, desse modo certamente mudanças adaptativas devem ter ocorrido (Ryder, 1982).

Em climas quentes, o alongamento da haste, pode ter acelerado e estimulado a seleção para tendência de pendoamento lento o que permitiu o suficiente desenvolvimento de folhas e maximiza o tamanho das plantas de alface. Por outro lado, movimentos para climas frios do norte europeu devem ter permitido o desenvolvimento de tipos que requerem dias longos para o florescimento, característica da alface moderna. Na Europa o tipo de alface mais comercializada é a alface manteiga com cabeça e folhas lisas. Nos Estados Unidos da América (EUA) a alface teve que se adaptar a três diferentes regiões:

interior, deserto e região costeira e o tipo preferido pelo consumidor forma cabeça com folhas crespas que ficou conhecido como alface americana (Ryder, 1982).

No Brasil as áreas de cultivo da alface, inicialmente localizadas no cinturão verde do estado de São Paulo e áreas serranas da região sudeste, vem se expandindo ano a ano para o planalto do estado de São Paulo e outras regiões. Esta abertura de novas áreas de cultivo foi possível graças ao desenvolvimento de novas cultivares por meio do melhoramento genético. A cultura da alface no cinturão verde ocupa regiões de altitude entre 800 e 1000 m, considerados locais de microclima em relação as outras regiões do estado de São Paulo para onde a cultura se expandiu. Nas condições de microclima frio as cultivares importadas eram cultivadas sem muitos problemas, mas para as áreas de expansão são necessárias algumas características para o sucesso da cultura de alface durante os meses de calor. Entende-se por tolerância ao calor como um conjunto de caracteres que permite o cultivo no período quente do ano, tais como: bom desenvolvimento vegetativo, formação de cabeça fechada, pendoamento lento, resistência a doenças de solo, ao "tip burn" (queima dos bordos) e pouco dano sob chuvas pesadas (Nagai; Lisbão, (1980).

A temperatura máxima e crítica para a germinação das sementes de alface depende do genótipo (Harrington; Thompson, 1952; Gray, 1975; Thompson et al., 1979; Daminiá, 1986). Algumas cultivares de alface podem germinar em temperaturas variando de 5 a 33°C (Gray, 1975). Em geral, temperaturas acima de 30°C afetam a germinação das sementes, reduzindo a velocidade ou a porcentagem de germinação, dependendo do local e época de semeadura isso compromete o estande no campo e, ou em casa de vegetação. Diferentes estratégias para reduzir os problemas da termoinibição e, ou da termodormência têm sido utilizadas. Dentre elas, a identificação e desenvolvimento de genótipos termotolerantes e o uso de reguladores de crescimento ou condicionamento osmótico ("*seed priming*") (Bradford, 1985; Guzman et al., 1992; Nascimento et al., 2012; Catão et al., 2014).

Efeitos ambientais na expressão do caráter de termotolerância também têm sido observados. A tolerância a termoinibição em sementes de alface é uma característica controlada por um ou poucos genes, com efeito aditivo e alta herdabilidade, sendo passíveis a utilização de cultivares contrastantes para a seleção de genótipos tolerantes aos efeitos de altas temperatura (Oliveira et al., 2021).

Fatores ambientais durante a maturação das sementes também influenciam a temperatura limite de germinação. Durante o desenvolvimento das sementes, a temperatura pode afetar subsequentemente a germinação (Gray et al., 1988; Drew; Brockhurst, 1990; Steiner; Opoku-Boateng, 1991). Assim, sementes de alface produzidas em regiões de clima quente germinaram melhor em altas temperaturas (Harrington; Thompson, 1952; Damania, 1986). Sob condições controladas, Gray et al. (1988) verificaram que houve germinação nas sementes de alface produzidas em regimes de temperatura de 30/20°C.

2.5. Condicionamento fisiológico em sementes de hortaliças

O condicionamento fisiológico em sementes é uma técnica que visa a melhoria da qualidade fisiológica, bem como a melhoria de alguns atributos no processo de germinação, como a redução do período de germinação e o estímulo deste processo, além da uniformidade na emergência de plântulas. Porém, pesquisas sobre os seus efeitos em algumas culturas, como por exemplo, a alface, ainda são escassos.

A qualidade fisiológica está relacionada com o vigor, a germinação e longevidade de sementes. O vigor refere-se a soma dos atributos que conferem à semente o potencial para germinar e desenvolver de forma rápida a emergência das plântulas normais sob diversidade de condições ambientais (Höfs et al., 2004). O vigor das sementes é inversamente proporcional ao processo de deterioração (Silva et al., 2016), em que a deterioração reduz a viabilidade e vigor, causando rápido envelhecimento (Siadat et al., 2012).

Para o aprimoramento da qualidade fisiológica das sementes diante a situações de estresses, torna-se necessário o uso de técnicas agronômicas, como por exemplo: a aplicação do condicionamento fisiológico. O método de condicionamento fisiológico envolve o controle de hidratação das sementes de forma controlada por água e/ou produtos associados no tratamento destas sementes. É um processo considerado eficiente onde o mesmo ativa os processos metabólicos essenciais durante o processo de germinação, evitando a protrusão da raiz primária (Heydecker et al., 1975; Pill, 1995). Essa técnica é muito utilizada em hortaliças e frutíferas, além de grandes culturas.

A utilização de sementes de alta qualidade é de suma importância para a emergência rápida e uniforme das plântulas em vasa de vegetação e em campo, o que possibilita melhor estabelecimento do estande da cultura e rendimento de mudas,

resultando em plantas vigorosas com boa qualidade. Em algumas culturas, como a alface por exemplo, a uniformidade de mudas é um aspecto que irá influenciar na produção final, representando um atributo que pode ser melhorado com o uso do condicionamento fisiológico.

O condicionamento fisiológico é uma técnica em que as sementes já em estágio avançado de deterioração têm incremento na qualidade fisiológica, com efeito no vigor, permitindo um melhor aproveitamento dessas sementes (Lanteri et al., 1998). Dessa forma, diversos trabalhos têm demonstrado que o vigor das sementes é o parâmetro da qualidade fisiológica mais influenciado pelo condicionamento fisiológico, no qual este fator tem sido utilizado para reduzir os danos do envelhecimento, bem como retardar a deterioração e favorecer o desempenho de sementes de muitas culturas (Silva et al., 2006; Farooq et al., 2009).

Dessa forma, o condicionamento fisiológico tem sido descrito na literatura como um revigoramento de sementes. Além disso, esta técnica permite que ocorra a antecipação do início da síntese de novo RNA-m, proteínas e síntese de enzimas que são fundamentais para o reparo do sistema de membranas, acréscimo na síntese de DNA e atividade enzimática (Silva, 2013). Isso aumenta a atividade respiratória e o aumento na produção de ATP (Chojnowshi et al., 1997), atuando sobre a ação de enzimas que provocam o enfraquecimento de tecidos, restringindo a expansão da radícula durante a germinação (Silva, 2013), reduzindo também a peroxidação de lipídeos e favorecendo a estruturação da membrana da semente (McDonald, 1999).

O condicionamento fisiológico como um tratamento cujos benefícios consistem em aumentar a velocidade de germinação de sementes e emergência de plântulas, bem como a sincronização e a uniformidade destes eventos, com melhor estabelecimento do estande contra competição com plantas invasoras e redução da exposição de plântulas às condições menos favoráveis do ambiente (Nascimento, 1998; Taylor et al., 1998).

Os diferentes métodos de condicionamento fisiológico, possuem efeitos diretos nos processos de germinação e emergência. As condições adversas ambientais promovem efeitos como a termoinibição, que corresponde a inibição da germinação pela alta temperatura. Isso ocasiona problemas na germinação e conseqüentemente a desuniformidade na emergência de plântulas comprometendo a produção de mudas com prejuízos ao produtor rural. Dessa forma, alguns tratamentos pré-germinativos são eficientes para aumentar a tolerância das sementes a temperaturas elevadas.

Vários trabalhos demonstraram que o condicionamento fisiológico melhorou o desempenho de sementes de diferentes espécies, como: berinjela (*Solanum melongena*) (Fanan; Novembre, 2007), couve-flor (*Brassica oleracea*) (Marcos-Filho; Kikuti, 2008), aspargo (*Asparagus officinalis* L.) (Bittencourt et al., 2004), cenoura, (Pereira et al., 2008), tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) (Nascimento, 2005), pepino (*Cucumis sativus*) (Lima; Marcos-Filho, 2010), pimentão (Albuquerque et al., 2009) e diversas outras culturas.

No entanto, esses efeitos são influenciados por muitas variáveis, como o método utilizado do condicionamento, período, temperatura durante o tratamento, espécie e cultivar e potencial fisiológico inicial do lote utilizado, de forma que não há um procedimento único para o condicionamento de sementes de diferentes espécies (Welbaum et al., 1998).

2.5.1. Osmocondicionamento

O condicionamento osmótico é uma técnica relevante na agricultura e apresenta resultados positivos em sementes, principalmente de hortaliças (Santos et al., 2008). No processo de absorção de água nas sementes, inicia-se uma série de mudanças fisiológicas e bioquímicas no embrião, a emissão da raiz primária marcando o início da III fase da germinação (Bewley; Black, 1994). Caracterizada por hidratação interrompida, esse estado ocorre naturalmente e oferece às sementes um índice elevado na sobrevivência durante a dessecação, evidenciando que as sementes apresentem uma “memória hídrica” (Dubrovsky, 1996; Dubrovsky, 1998). Fato esse interligado ao processo de embebição, no qual, algumas sementes preservam as características adquiridas da hidratação prévia associada a soluções que ativa genes específicos relacionados à tolerância aos estresses ambientais (Bruce et al., 2007; Contreras-Quiroz et al., 2016; Meiado, 2012).

O principal objetivo desta técnica é reduzir o período de germinação e melhorar a emergência das plântulas, submetendo as sementes a um controle da hidratação suficiente para permitir os processos respiratórios necessários para a germinação (Pereira et al., 2008). Considerando o padrão trifásico da germinação, durante o osmocondicionamento ocorrem apenas as fases iniciais (fases I e II), com os eventos pré-metabólicos germinativos, sem ocorrer a protrusão da radícula (fase III) (Nascimento; Costa, 2009).

Visando à regulação do potencial osmótico da solução, vários produtos químicos têm sido utilizados no condicionamento osmótico de sementes, dentre eles, alguns

compostos orgânicos como manitol e polietilenoglicol (PEG), sendo esse último um polímero inerte, considerado não tóxico, de elevado peso molecular (4.000 a 12.000 Da) caracterizado por promover a hidratação controlada das sementes (Nascimento; Costa, 2009).

Dentre os efeitos do osmocondicionamento, destaca-se o aumento do ATP livre ou energia de carga, que se mantém nas sementes após a secagem e nova hidratação, fazendo com que a energia metabólica das sementes osmocondicionadas e dessecadas seja maior que nas sementes não osmocondicionadas (Varier et al., 2010). Estes autores mencionaram que sementes osmocondicionadas, numa situação de déficit hídrico, produzem algumas proteínas, como globulinas e cruciferinas, são resultantes da degradação de proteínas de reserva, iniciando processo de utilização dessas reservas antes do que ocorre naturalmente em sementes não osmocondicionadas.

De acordo com Nascimento (2004) o osmocondicionamento segue as etapas da Figura 1.

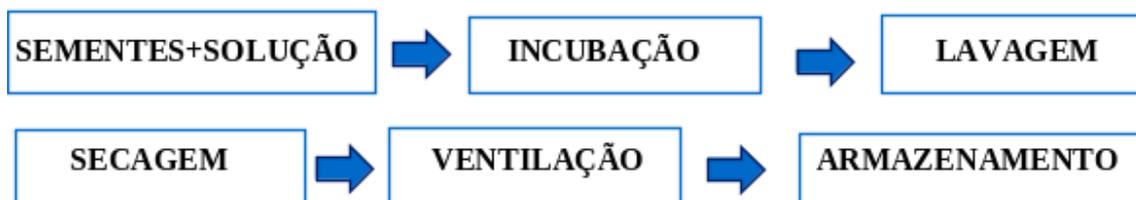


Figura 1. Fluxograma do condicionamento fisiológico (osmocondicionamento). Fonte: Nascimento, 2004.

As sementes são condicionadas em solução aerada podendo ser utilizado o PEG (polietilenoglicol) sob temperatura e fotoperíodo controlados. Após o condicionamento, as sementes são lavadas em água corrente para remover a solução osmocondicionante presente no tegumento e o excesso de água é retirado por centrifugação. As sementes passam pela ventilação e em seguida são armazenadas segundo conservação de cada espécie.

2.6. Secagem e armazenamento das sementes após o condicionamento

A secagem de sementes é uma etapa essencial na manutenção da qualidade pós-colheita. É realizada com o objetivo de atingir teor de água compatível com o armazenamento para facilitar o beneficiamento e melhorar a eficiência das máquinas

utilizadas. A secagem deve ser realizada com cautela, pois ao invés de preservar a qualidade das sementes, pode inutilizá-las completamente (Carvalho; Nakagawa, 2000).

Da mesma forma que a secagem pós-colheita, as sementes são secadas depois do condicionamento fisiológico, sendo esse processo é chamado “dry back”. Esta é uma técnica fundamental para a comercialização de sementes com esse tipo de tratamento, pois facilita o manejo, a semeadura mecânica e possibilita o armazenamento (Demir; Ermis; Okcu, 2005).

Dependendo dos procedimentos utilizados para a secagem, de acordo com a espécie considerada e o potencial fisiológico dos lotes, os benefícios do condicionamento podem ser completamente revertidos (Caseiro; Marcos-Filho, 2005), pois os efeitos do condicionamento fisiológico podem ser influenciados pelas condições que as sementes irão passar (Butler et al., 2009). Assim, a secagem deve ser realizada de modo que os efeitos benéficos do condicionamento não sejam perdidos, ou que haja mínima alteração após a redução do teor de água, ou mesmo após certo período de armazenamento.

A secagem de sementes após o condicionamento fisiológico tem sido realizada sob condições ambientais e por períodos relativamente longos, variando de sete a dez dias, e que esse processo pode acelerar a deterioração das sementes e prejudicar os efeitos do tratamento (Braccini et al., 1997). Dessa forma, a secagem das sementes após o condicionamento deve ser realizada em um período que não seja longo e se for realizada sob condições controladas, podendo ser repetida várias vezes, gerando um pacote tecnológico para a produção e comercialização de sementes condicionadas.

A temperatura e a umidade relativa do ambiente devem ser observadas na secagem de sementes condicionadas, pois podem influenciar a taxa de secagem e, conseqüentemente, a qualidade das sementes e os efeitos do condicionamento fisiológico (Demir; Ermis; Okcu, 2005). Outros estudos foram realizados, mas os resultados são conflitantes, e variam bastante entre as espécies. Por exemplo, sementes condicionadas de aipo, cebola e cenoura secadas a 30 °C apresentam menor viabilidade do que sementes secadas a 15 °C (Brocklehurst; Dearman, 1983). Por outro lado, sementes de alface submetidas ao condicionamento e secadas a 21 °C apresentam maior qualidade fisiológica do que as sementes secadas a 32 °C (Guedes; Cantliffe, 1980).

Em outro trabalho com sementes de alface foi observado que o condicionamento seguido de secagem, provocou a perda da viabilidade das sementes (Weges; Karssen, 1990). Em sementes de pimentão, os benefícios do condicionamento são mantidos

quando a secagem é realizada a 35 °C e umidade relativa de 75%, enquanto a secagem a 15 °C resulta em menor qualidade das sementes (Demir; Ermis; Okcu, 2005). Sementes condicionadas de cenoura, cv. Brasília, a secagem a 35 °C por 1 até 5 horas não afetou a germinação (Balbinot; Lopez, 2006). Portanto, para cada espécie há a necessidade de se estabelecer um procedimento adequado. Diversos são os processos e mecanismos que estão relacionados à aquisição de tolerância à dessecação em sementes ortodoxas, como o acúmulo de moléculas protetoras, redução do grau de vacuolização, presença de sistemas antioxidantes ativos, e mecanismos de reparo durante a reidratação das sementes (Bruggink; Ooms; Torn, 1999; Berjak; Pammenter, 2000; Faria, 2006; Chakrabortee et al., 2007).

Diante disso, após o condicionamento fisiológico, as sementes atingem teores de água relativamente elevados e inadequados para a conservação e armazenamento de sementes devido ao potencial fisiológico durante o armazenamento. Com isso, torna-se necessário a secagem das sementes antes do armazenamento. Desta maneira, a secagem deve ser conduzida de maneira adequada afim de evitar a possibilidade de reversão diante dos efeitos benéficos do tratamento. Foi verificado na literatura que o osmocondicionamento propiciou melhorias no vigor das sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng) durante o armazenamento (Sune et al., 2002).

O armazenamento das sementes condicionadas pode ser realizado sem prejuízos à sua qualidade fisiológica. Sementes de pimentão condicionadas foram armazenadas por quatro meses mantiveram a sua porcentagem de germinação (Posse et al., 2004). Embora essa técnica ainda não seja utilizada comercialmente em sementes de soja, o condicionamento fisiológico pode ter a sua aplicação em pequenos volumes de sementes, armazenados em bancos de sementes ou em coleções pertencentes a melhoristas, podendo ser armazenadas por sete meses ajudando a retardar o processo de deterioração.

Durante a comercialização de sementes condicionadas um dos aspectos fundamentais é a redução do teor de água após o tratamento até atingir um nível seguro para o armazenamento dessas sementes, sendo necessário a realização o armazenamento correto das sementes de forma cuidadosa para evitar que ocorra a reversão dos benefícios alcançados pelo condicionamento.

Um ponto em discussão das sementes pré-condicionadas refere-se à manutenção dos efeitos do tratamento durante o armazenamento. Este é um assunto pouco pesquisado, embora resultados promissores tenham sido obtidos por alguns pesquisadores (Posse et

al., 2004). Em avaliação de lotes de sementes de cenoura e cebola, a porcentagem de germinação de sementes submetidas ao pré-tratamento com PEG, não foi afetada pela secagem e pelo armazenamento, mas o desenvolvimento das plântulas foi prejudicado, sendo que o número de plântulas anormais aumentou durante o armazenamento (Drew et al., 1997).

Sementes de cenoura osmocondicionadas em soluções aeradas de KNO_3 e PEG 6000 apresentaram aumento no vigor imediatamente após o tratamento e após 30 dias de armazenamento das sementes, porém os benefícios encontrados do condicionamento fisiológico não foram mantidos aos 90 dias de armazenamento (Rodrigues et al., 2009).

Assim, o condicionamento osmótico é uma técnica com resultados positivos em sementes, principalmente de olerícolas. Entretanto, é necessário que após o condicionamento das sementes, métodos de secagem sejam estabelecidos, pois possibilita o manejo e o armazenamento adequado das sementes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Ensaio 1

O experimento e as avaliações foram realizados no Laboratório de Sementes do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Foram utilizadas sementes de dez genótipos de alface (UFU125#1#1#1; UFU040#5#5#1; UFU189#2#2#1; UFU86#2#1#1; UFU107#1#2#1; UFU189#3#4#1; UFU120#1#1#1; UFU206#1#1#1; UFU7#1#2#1; UFU177#1#3#1) provenientes do Programa de Melhoramento Genético de alface Biofortificada da UFU, sendo toda a genealogia armazenada no Software “BG α BIOFORT” número de registro BR512019002403-6 no INPI (Maciel et al., 2019). Os genótipos de alface são provenientes da hibridação entre as cultivares Belíssima *versus* Uberlândia 10000, obtidas após seis sucessivas autofecundações realizadas entre 2013 e 2017.

Além, destes genótipos foram utilizadas também sementes das cultivares Everglades, considerada tolerante à termoinibição e Grand Rapids considerada sensível à termoinibição (Catão et al., 2014), totalizando doze genótipos. As sementes foram produzidas na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Monte Carmelo (18°42'43,19"S; 47°29'55,8"O; 873 m de altitude). As

cultivares Everglades, Grand Rapids e o genótipo UFU040#5#5#1 possuem sementes de cor preta, enquanto, os demais genótipos possuem sementes de cor branca.

Inicialmente, as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico (osmocondicionamento) em solução aerada de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) no potencial $-1,2$ MPa (Nascimento; Cantliffe, 1999), sendo a concentração definida conforme Villela et al. (1991). Foram utilizados 2,0g de sementes, colocadas em erlenmeyers (100 mL) contendo 60 mL de solução osmótica. Os erlenmeyers foram tampados com rolha de algodão, acoplada a uma bomba de ar comprimido para promover a aeração da solução. O sistema foi mantido em incubadora BOD a 15 °C por 48 horas, com fotoperíodo de 8 horas.

Após o condicionamento fisiológico as sementes foram lavadas em água corrente para remover a solução osmocondicionante presente no tegumento e o excesso de água foi retirado com auxílio de papel toalha. Em seguida, as sementes foram secas em estufa de circulação de ar a 32 ± 2 °C, 45% UR, por 48 horas. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel aluminizados e armazenadas em câmara fria e seca (15 °C e 55% de umidade relativa do ar) sendo as análises realizadas nos períodos de 0, 30 e 60 dias de armazenamento Para a análise qualidade e tolerância à termoinibição das sementes de alfaca foram realizadas seguintes avaliações:

Teor de água: determinado por meio do método da estufa a 105 °C, durante 24 horas, utilizando-se duas repetições de sementes de cada cultivar com os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

Primeira contagem e germinação: quatro repetições de 50 sementes de cada cultivar foram semeadas sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecida com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do substrato seco, em caixas plásticas transparentes (tipo gerbox). As caixas com as sementes foram mantidas em câmaras do tipo BOD reguladas previamente nas temperaturas de 20 °C e 35 °C sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação constou de duas contagens de plântulas normais, aos quatro e sete dias, sendo os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de germinação (IVG): Realizado simultaneamente ao teste de germinação, computando-se, diariamente o número de sementes germinadas conforme fórmula proposta por Maguire (1962).

Tetrazólio: foi realizado nas sementes remanescentes (sementes que não germinaram) do teste de germinação, para confirmação da termoinibição. Para isso, o

embrião foi exposto após pressionar suavemente o tegumento para sua retirada. A coloração foi realizada em solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio em concentração de 1%, durante 3 horas no escuro, a 30°C. A interpretação foi realizada de acordo com Brasil (2009), e os resultados foram expressos em número de sementes viáveis e mortas.

Frequência Relativa de Germinação (FRG): A frequência relativa foi calculada para obtenção da porcentagem de germinação durante o tempo (Labouriau, 1983), sendo obtida pela seguinte fórmula:

$$Fr = \frac{n}{\sum_{i=1}^k ni}$$

Onde:

Fr: frequência relativa de emergência;

n: frequência

ni: número de plântulas germinadas no dia i;

k: último dia de observação.

3.2. Ensaio 2

Para determinar os métodos de secagem e períodos de armazenamento após o condicionamento fisiológico foram utilizadas as sementes do genótipo de alface biofortificado, UFU 189#2#2#1, considerada termosensível por Catão et al. (2023b). A germinação inicial desse genótipo foi 60% a 20 °C e 1% a 35 °C.

As sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em solução aerada de PEG 6000 (polietilenoglicol) (-1,2 MPa), a 15 °C por 48 horas, com fotoperíodo de 8 horas (Nascimento; Cantliffe, 1999). Após o condicionamento, as sementes foram lavadas em água corrente para remover a solução osmocondicionante presente no tegumento e o excesso de água foi retirado com auxílio de papel toalha.

Em seguida, as sementes foram divididas em partes iguais, que passaram pelos seguintes tratamentos de secagem: testemunha (sementes sem condicionamento - Test); sementes condicionadas e sem secagem (Cond); secagem lenta (SL); secagem rápida (SR); choque térmico + secagem lenta (CTSL); choque térmico + secagem rápida (CTSR); redução do teor de água + secagem lenta (rSL); e redução do teor de água + secagem rápida (rSR).

Para a aplicação do choque térmico, as sementes foram acondicionadas em embalagens herméticas de alumínio e colocadas em banho-maria a 36 °C durante 1 hora. As sementes que passaram pela redução inicial do teor de água foram pesadas e

permaneceram sob condições ambientais até a redução de aproximadamente 10% do peso inicial. A secagem lenta foi realizada em BOD (contendo sílica gel em seu interior), com temperatura de 25 °C e 50% UR, por 48 horas. A secagem rápida ocorreu em estufa com circulação forçada de ar a 32 °C e 45% UR, por 48 horas. A umidade relativa de cada ambiente foi monitorada por meio de termo-higrômetro (Marca: Minipa MT-241). Depois da secagem, as sementes foram acondicionadas em embalagens impermeáveis aluminizadas e mantidas em câmara climatizada a 15 °C e 55% UR, durante 0 (zero), 30 e 60 dias de armazenamento.

Após a aplicação dos tratamentos as sementes foram submetidas às avaliações de qualidade física e fisiológica, descritas a seguir:

Teor de água: o teor de água das sementes foi avaliado antes, após o condicionamento fisiológico e após a secagem das sementes. Para cada tratamento, foram utilizadas duas amostras de sementes avaliadas pelo método da estufa a 105 °C (Brasil, 2009). Os resultados foram apresentados em porcentagem com base na massa úmida.

Primeira contagem e germinação: quatro repetições de 50 sementes de cada genótipo foram semeadas sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecida com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do substrato seco, em caixas plásticas transparentes (tipo gerbox). Para avaliação da tolerância a termoinibição da germinação após os métodos de condicionamento/secagem as sementes de todos os tratamentos foram testadas nas temperaturas de 20 °C e 35 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação constou de duas contagens de plântulas normais, aos quatro e sete dias, sendo os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

Teste de emergência: o teste foi conduzido nas mesmas temperaturas (20°C e 35°C) utilizadas para a germinação das sementes. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes semeadas em caixas plásticas tipo gerbox contendo areia umedecida (60% da capacidade de retenção do substrato) mantidas sob fotoperíodo de 12 horas até 10 dias após a semeadura, quando foi computado o número de plântulas normais emergidas aos 4 e 10 dias após a semeadura, calculando-se a porcentagem inicial e final de emergência, respectivamente.

Análises estatísticas e Delineamento experimental

Em ambos os ensaios o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições. A análise de variância foi realizada em esquema fatorial 12 x 3 x 2

(genótipos x períodos de armazenamento x temperaturas de germinação) no primeiro ensaio. O segundo ensaio foi analisado em esquema fatorial 8 x 3 x 2 (métodos de secagem x períodos de armazenamento x temperatura). As médias foram submetidas à análise de variância e os resultados analisados por meio de análise de comparação de médias, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio 1

As sementes dos genótipos de alface possuíam o teor de água variando entre 6,0% e 8,0% antes do condicionamento fisiológico (Figura 2). Diferenças entre 1 e 2% no teor de água são consideradas toleráveis (Marcos-Filho, 2015). A homogeneidade deste resultado é importante para a comparação de qualidade fisiológica entre lotes de sementes, para que não seja uma fonte de variação.

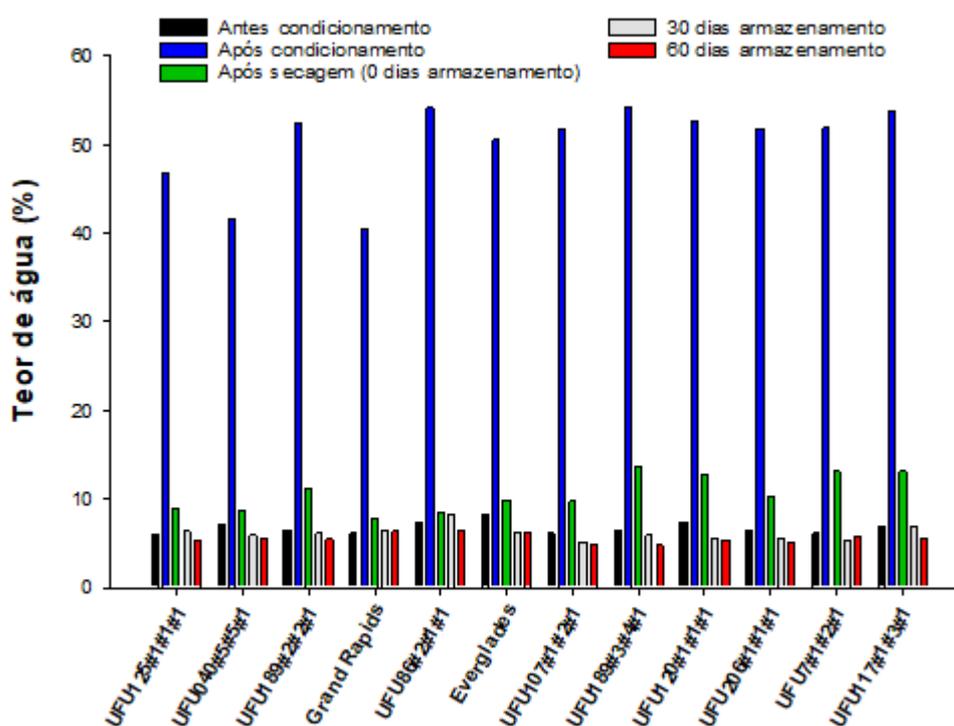


Figura 2. Teor de água (%) de sementes de genótipos de alface biofortificado antes, após condicionamento fisiológico e após a secagem.

Após o condicionamento fisiológico houve aumento do teor de água, variando entre 40% e 58%. O teor de água das sementes de alface alcançou 43,2% a 50,6% com o osmocondicionamento, sendo a embebição mais lenta nas fases I e II (Rodrigues et

al., 2012). Após a secagem houve redução do teor de água das sementes na maioria dos genótipos. Entretanto, os genótipos UFU189#3#4#1, UFU120#1#1#1, UFU7#1#2#1, UFU117#1#3#1 o teor de água ficou acima de 10% (Figura 2). Na sequência as sementes foram acondicionadas na câmara fria sendo possível verificar aos 30 e 60 dias após o armazenamento que houve ajuste do teor de água, entrando em equilíbrio higroscópico.

Um dos aspectos fundamentais para possibilitar a comercialização das sementes condicionadas é a redução cuidadosa do teor de água após o condicionamento fisiológico até atingir nível adequado para o armazenamento. Dependendo do procedimento utilizado na secagem pode haver reversão dos benefícios alcançados durante esse tratamento. Para que os efeitos do condicionamento se mantenham após a secagem é necessário adotar um método adequado, que seja adaptado a espécie e conhecer o potencial fisiológico das sementes (Caseiro; Marcos-Filho, 2005). Foi relatado que a secagem a 32°C não foi prejudicial para os lotes de sementes de alface após o condicionamento fisiológico (Eira; Marcos-Filho, 1990).

Com relação a primeira contagem de germinação é possível verificar na temperatura de 20 °C aos zero dias de armazenamento que os genótipos UFU125#1#1#1, Grand Rapids, Everglades, UFU107#1#2#1, UFU177#1#3#1 possuem maior vigor (Tabela 1). Entretanto, é possível verificar que a porcentagem de plântulas normais reduziu com o armazenamento das sementes, principalmente aos 60 dias. Isso possivelmente ocorreu em decorrência do condicionamento fisiológico, pois com a embebição ocorre a ativação de processos metabólicos como a respiração, fazendo com que tenha o consumo de reservas (Marcos-Filho, 2015).

Quando as sementes foram expostas a temperatura de 35 °C durante a germinação é possível verificar um menor vigor, independentemente do tempo de armazenamento. As exceções foram os genótipos UFU125#1#1#1, Everglades e UFU177#1#3#1 que possuem maior porcentagem de plântulas normais aos 60 dias de armazenamento.

Ao analisar isoladamente UFU125#1#1#1 nas temperaturas de 20 e 35°C é possível verificar que não houve diferença para a primeira contagem de germinação com zero e 30 dias de armazenamento. Entretanto, para o fator temperatura, aos 60 dias, houve maior porcentagem de plântulas normais a 35°C. Também houve redução do vigor (primeira contagem) aos 60 dias de armazenamento em ambas as temperaturas para os genótipos UFU125#1#1#1. Na cultivar Everglades aos 30 e 60 dias de armazenamento houve redução da porcentagem de plântulas normais.

Tabela 1 - Primeira contagem de germinação (%) de sementes de genótipos de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.

Temperatura (°C)	Genótipos	Armazenamento (dias)			
		0	30	60	
20	UFU 125#1#1#1	82 Aa	78 Aa	37 Ab	
	UFU 040#5#5#1	58 Ba	57 Ba	55 Aa	
	UFU 189#2#2#1	67 Ba	57 Bb	7 Bc	
	Grand Rapids	87 Aa	87 Aa	41 Ab	
	UFU 86#2#1#1	37 Ca	37 Ca	22 Ba	
	Everglades	95 Aa	72 Ab	26 Bc	
	UFU 107#1#2#1	75Aa	48 Bb	20 Bc	
	UFU 189#3#4#1	68 Ba	64 Aa	27 Bb	
	UFU 120#1#1#1	63 Ba	53 Ba	5 Bb	
	UFU206#1#1#1	68 Ba	63 Aa	16 Bb	
35	UFU 7#1#2#1	65 Ba	32 Cb	17 Bb	
	UFU 177#1#3#1	76 Aa	58 Ba	39 Ab	
	UFU 125#1#1#1	80 Aa	75 Aa	58 Ab	
	UFU 040#5#5#1	29 Cb	42 Ca	17 Bb	
	UFU 189#2#2#1	35 Ca	24 Ca	6 Bb	
	Grand Rapids	57 Ba	48 Ba	9 Bb	
	UFU 86#2#1#1	38 Ca	35 Ca	20 Ba	
	Everglades	91 Aa	56 Bb	43 Ab	
	UFU 107#1#2#1	79 Aa	45 Cb	23 Bc	
	UFU 189#3#4#1	67 Aa	33 Cb	8 Bc	
	UFU 120#1#1#1	45 Ca	32 Ca	6 Bb	
	UFU206#1#1#1	53 Ba	25 Cb	7 Bb	
	UFU 7#1#2#1	57 Ba	62 Ba	26 Bb	
	UFU 177#1#3#1	71 Aa	53 Bb	44 Ab	
	Genótipos	Temperatura (°C)	Armazenamento (dias)		
			0	30	60
	UFU 125#1#1#1	20	82 Aa	78 Aa	37 Bb
		35	80 Aa	75 Aa	58 Ab
	UFU 040#5#5#1	20	58 Aa	57 Aa	55 Aa
		35	29 Bb	42 Aa	17 Bb
	UFU 189#2#2#1	20	67 Aa	42 Ab	7 Ac
		35	35 Ba	24 Aa	6 Ab
	Grand Rapids	20	87 Aa	87 Aa	41 Ab
		35	57 Ba	48 Ba	9 Bb
	UFU 86#2#1#1	20	37 Aa	36 Aa	22 Aa
		35	38 Aa	35 Aa	20 Aa
	Everglades	20	95 Aa	72 Ab	26 Ac
		35	91 Aa	56 Ab	43 Ab
	UFU 107#1#2#1	20	75 Aa	48 Ab	20 Ac
		35	79 Aa	45 Ab	23 Ac
UFU 189#3#4#1	20	68 Aa	64 Aa	27 Ab	
	35	67 Aa	33 Bb	8 Ac	
UFU 120#1#1#1	20	63 Aa	53 Aa	6 Ab	
	35	45 Aa	32 Ba	5 Ab	
UFU206#1#1#1	20	68 Aa	63 Aa	16 Ab	
	35	53 Aa	25 Bb	7 Ab	
UFU 7#1#2#1	20	65 Aa	32 Bb	17 Ab	
	35	57 Aa	62 Aa	26 Ab	
UFU 177#1#3#1	20	76 Aa	58 Aa	39 Ab	
	35	71 Aa	53 Ab	44 Ab	

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

Houve interação dupla entre os fatores analisados para a porcentagem de germinação (Tabela 2). Na análise entre genótipos x temperaturas é possível verificar que na temperatura de 20°C, apenas os genótipos UFU125#1#1#1 e Everglades apresentam germinação superior a 80%, padrão utilizado para a comercialização de sementes, conforme exigido em legislação (Brasil, 2019). Na temperatura de 35°C os genótipos não atenderam ao padrão exigido mesmo com o condicionamento fisiológico das sementes. Em alguns genótipos ficou nítida a redução da germinação das sementes com o aumento da temperatura (Tabela 2), fato também relatado por Catão et al. (2023) e Queiroz et al. (2023).

O período crítico para a indução da termoinibição está dentro das primeiras 8-12h de embebição em alta temperatura (Argyris et al. 2008). O enfraquecimento do endosperma está associado com a atividade da enzima endo- β -mananase e sob altas temperatura há menor expressão desta enzima (Catão et al., 2014; Catão et al., (2018). Almeida et al. (2019) sugeriram que sementes sob altas temperaturas fossem avaliadas com 11 dias após a instalação do teste de germinação. A termoinibição não é uma condição que pode ser superada com o passar do tempo e sim com a redução da temperatura na qual as sementes estão expostas para germinar (Catão et al., 2023). Vale ressaltar que genótipos termosensíveis possuem maior quantidade de manose e galactose na parede celular o que ocasiona rigidez do endosperma e impede a protrusão radicular (Nascimento et al., 2012). O teor de ABA também se mantém estável em sementes germinadas a 33 °C e somente é reduzido quando a temperatura é diminuída para 23 °C (Kaya et al., 2022).

Na interação genótipo x armazenamento é possível verificar que a germinação foi distinta nos genótipos após o condicionamento fisiológico (Tabela 2). Aos zero dias de armazenamento os genótipos UFU125#1#1#1 e Everglades, possuem maior germinação, 84% e 94%, respectivamente. Aos 30 dias de armazenamento os genótipos UFU125#1#1#1, Grand Rapids, Everglades e UFU177#1#3#1 possuem maior porcentagem de plântulas normais, se diferenciando dos demais genótipos. Com 60 dias de armazenamento, o genótipo UFU125#1#1#1 possui germinação de 70%, sendo estatisticamente superior.

Tabela 2 - Germinação (%) de sementes de genótipos de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.

Genótipos	Temperatura (°C)	
	20	35
UFU 125#1#1#1	81 Aa	74 Aa
UFU 040#5#5#1	60 Ca	32 Cb
UFU 189#2#2#1	52 Ca	27 Cb
Grand Rapids	87 Aa	42 Cb
UFU 86#2#1#1	37 Da	34 Ca
Everglades	82 Aa	71 Aa
UFU 107#1#2#1	61 Ca	53 Ba
UFU 189#3#4#1	66 Ba	40 Cb
UFU 120#1#1#1	50 Ca	33 Cb
UFU206#1#1#1	66 Ba	36Cb
UFU 7#1#2#1	52 Ca	55 Ba
UFU 177#1#3#1	69 Ba	60 Ba

Genótipos	Armazenamento (dias)		
	0	30	60
UFU 125#1#1#1	84 Aa	79 Aa	70 Aa
UFU 040#5#5#1	46 Ca	53 Ba	40 Ca
UFU 189#2#2#1	56 Ca	43 Ba	19 Db
Grand Rapids	74 Ba	74 Aa	46 Cb
UFU 86#2#1#1	40 Ca	39 Ba	28 Da
Everglades	94 Aa	75 Ab	61 Bc
UFU 107#1#2#1	79 Ba	54 Bb	39 Cc
UFU 189#3#4#1	70 Ba	52 Bb	38 Cb
UFU 120#1#1#1	58 Ca	47 Ba	18 Db
UFU206#1#1#1	64 Ca	50 Bb	39 Cb
UFU 7#1#2#1	68 Ba	52 Bb	40 Cb
UFU 177#1#3#1	78 Ba	63 Ab	52 Bb

Temperatura (°C)	Armazenamento (dias)		
	0	30	60
20	74 Aa	64 Ab	53 Ac
35	61 Ba	49 Bb	28 Bc

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

Com a evolução do período de armazenamento houve decréscimo da germinação das sementes, exceto para o genótipo UFU125#1#1#1 (Tabela 2). Para sementes condicionadas, verifica-se que a qualidade fisiológica é reduzida rapidamente durante o armazenamento para algumas espécies (Nascimento, 2005) e que há acentuada redução da armazenabilidade dependendo do vigor inicial do lote. A germinação das sementes dos genótipos UFU040#5#5#1 e UFU86#2#1#1 também não reduziram com o armazenamento das sementes, entretanto, a germinação inicial (0 dias de armazenamento) era extremamente baixa (46% e 40%, respectivamente).

Na interação entre as temperaturas de 20°C e 35°C e os períodos de armazenamento é possível verificar que a germinação foi reduzida na temperatura de 35°C em todos os períodos de armazenamento, causando a termoinibição ou

termodormência das sementes conforme relataram Catão et al. (2014). Ao longo do armazenamento, também ocorre redução da germinação das sementes de alface em ambas as temperaturas após o condicionamento fisiológico. Catão et al. (2018) relataram que altas temperaturas bem como os maiores períodos de armazenamento, comprometem a qualidade das sementes de alface, diminuindo sua viabilidade.

Com o aumento da temperatura, os processos metabólicos nas sementes são acelerados, aumentando sua respiração e, conseqüentemente, o processo de deterioração (Marcos-Filho, 2015). As principais alterações relacionadas ao processo de deterioração são a degradação e a inativação de enzimas. Evidências sugerem que as altas temperaturas causam estresse oxidativo, no qual espécies reativas de oxigênio (EROS), como o radical superóxido (O_2^-), hidroxila radical (OH), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio singlete (1O_2), são produzidos (Jaleel et al., 2007).

Houve interação tripla entre os fatores analisados (genótipos x temperatura x armazenamento) para o índice de velocidade de germinação (Tabela 3). Na temperatura de 20 °C que os genótipos Grand Rapids e Everglades possuem maior vigor aos zero dias de armazenamento. Entretanto, neste mesmo período de armazenamento, a 35°C, apenas as sementes dos genótipos UFU125#1#1#1 e Everglades possuem maior vigor. A cultivar Grand Rapids é considerada termosensível devido não ocorrer a germinação das sementes sob temperaturas elevadas (Catão et al. 2014). Entretanto, é possível o vigor das sementes dessa cultivar foi superior a outras, devido os efeitos do condicionamento fisiológico (Tabela 3). Essa melhoria na expressão do vigor das sementes pode estar relacionada maior agilidade na reorganização das membranas celulares, que por sua vez, possibilita um crescimento rápido e uniforme das plântulas, contribuindo para melhor uniformização do lote em condições adversas (Silva; Cícero, 2014).

O vigor das sementes reduziu ao longo do armazenamento tanto a 20 °C como em 35 °C (Tabela 3). Com 30 dias de armazenamento as sementes mais vigorosas foram dos genótipos UFU125#1#1#1, UFU040#5#5#1, Grand Rapids e UFU177#1#3#1 a 35 °C. Aos 60 dias de armazenamento os genótipos UFU125#1#1#1, Everglades e UFU177#1#3#1 não se diferiram quanto ao vigor das sementes, sendo estatisticamente superiores as demais. Analisando isoladamente os genótipos UFU125#1#1#1, Everglades, UFU107#1#2#1, UFU189#3#4#1, UFU7#1#2#1 e UFU177#1#3#1 houve maior expressão do vigor a 35 °C do que em 20 °C.

Tabela 3- Índice da velocidade de germinação de sementes de genótipos de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.

Temperatura (°C)	Genótipos	Armazenamento (dias)		
		0	30	60
20	UFU 125#1#1#1	8,48Ba	8,51Aa	2,98Bb
	UFU 040#5#5#1	12,11Aa	4,56Bb	6,42Ab
	UFU 189#2#2#1	6,07Ba	1,78Bb	0,53Bb
	Grand Rapids	12,76Aa	5,68Ab	2,84Bb
	UFU 86#2#1#1	3,75Ba	2,51Ba	1,58Ba
	Everglades	10,43Aa	3,80Bb	2,14Bb
	UFU 107#1#2#1	6,59Ba	2,33Bb	1,61Bb
	UFU 189#3#4#1	7,31Ba	3,02Bb	1,92Bb
	UFU 120#1#1#1	7,04Ba	3,99Bb	0,54Bc
	UFU206#1#1#1	7,02Ba	3,78Bb	1,29Bb
	UFU 7#1#2#1	6,58Ba	1,72Bb	1,23Bb
UFU 177#1#3#1	7,34Ba	4,39Bb	2,65Bb	
35	UFU 125#1#1#1	16,32Aa	9,43Ab	5,16Ac
	UFU 040#5#5#1	5,92Ca	5,26Aa	1,13Bb
	UFU 189#2#2#1	2,02Da	1,32Ba	0,31Ba
	Grand Rapids	12,15Ba	6,60Ab	0,87Bc
	UFU 86#2#1#1	5,95Ca	2,00Bb	1,89Bb
	Everglades	15,80Aa	3,51Bb	3,59Ab
	UFU 107#1#2#1	13,39Ba	2,74Bb	1,87Bb
	UFU 189#3#4#1	12,18Ba	3,10Bb	0,71Bb
	UFU 120#1#1#1	4,42Ca	3,29Bb	0,50Bb
	UFU206#1#1#1	7,13Ca	2,27Bb	0,75Bb
	UFU 7#1#2#1	10,44Ba	3,86Bb	2,12Bb
UFU 177#1#3#1	12,95Ba	7,41Ab	4,45Ab	
Genótipos	Temperatura (°C)	Armazenamento (dias)		
		0	30	60
UFU 125#1#1#1	20	8,48Ba	8,51Aa	2,98Ab
	35	16,32Aa	9,43Ab	5,16Ac
UFU 040#5#5#1	20	12,11Aa	4,56Ab	6,42Ab
	35	5,92Ba	5,26Aa	1,13Bb
UFU 189#2#2#1	20	6,07Aa	1,78Ab	0,53Ab
	35	2,02Ba	1,32Aa	0,31Aa
Grand Rapids	20	12,76Aa	5,68Ab	2,84Ab
	35	12,15Aa	6,60Ab	0,87Ac
UFU 86#2#1#1	20	3,75Aa	2,51Aa	1,58Aa
	35	5,95Aa	2,00Ab	1,89Ab
Everglades	20	10,43Ba	3,80Ab	2,14Ab
	35	15,80Aa	3,51Ab	3,59Ab
UFU 107#1#2#1	20	6,59Ba	2,33Ab	1,61Ab
	35	13,39Aa	2,74Ab	1,87Ab
UFU 189#3#4#1	20	7,31Ba	3,02Ab	1,92Ab
	35	12,18Aa	3,10Ab	0,71Ab
UFU 120#1#1#1	20	4,42Aa	3,99Ab	0,54Ac
	35	7,04Aa	3,29Aa	0,50Ab
UFU206#1#1#1	20	7,02Aa	3,78Ab	1,29Ab
	35	7,13Aa	2,27Ab	0,75Ab
UFU 7#1#2#1	20	6,58Ba	1,72Ab	1,23Ab
	35	10,44Aa	3,86Ab	2,12Ab
UFU 177#1#3#1	20	7,34Ba	4,39Bb	2,65Ab
	35	12,95Aa	7,41Ab	4,45Ab

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

O osmocondicionamento aumenta a velocidade de germinação e a tolerância sob condições adversas. Isto evidencia os benefícios desta técnica sob tais condições (Nascimento et al., 2012). O vigor de sementes de pimenta foi externado sob estresse após o condicionamento fisiológico (Fialho et al., 2010).

Há o aumento do número de sementes remanescentes (sementes que não germinaram) em virtude da temperatura de germinação e períodos de armazenamento (Figura 3). A 20 °C houve menor número de sementes remanescentes em relação a temperatura de 35 °C, independentemente do período de armazenamento. Com 60 dias de armazenamento há aumento do número de sementes que não germinaram em ambas as temperaturas.

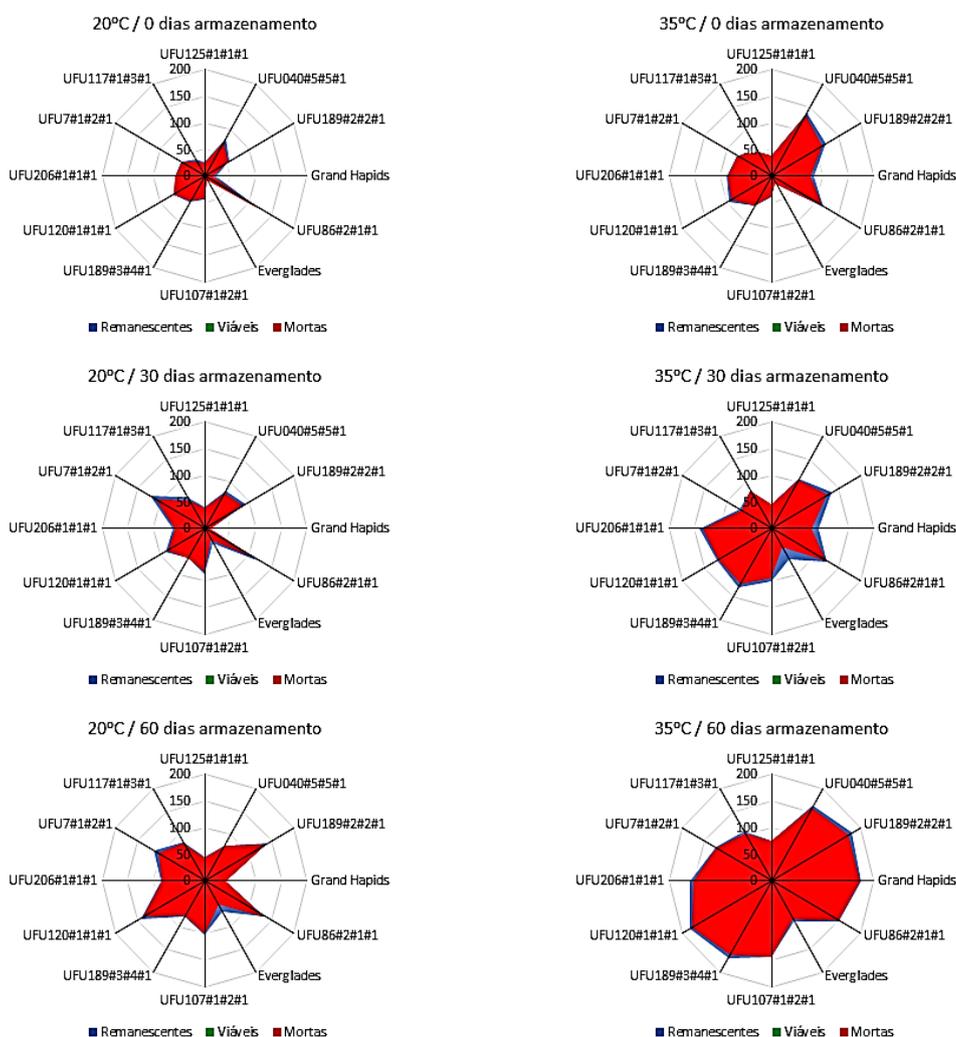


Figura 3. Número de sementes remanescentes* (viáveis e mortas) de genótipos de alface biofortificada pelo teste de tetrazólio em função das temperaturas de germinação e períodos de armazenamento. *Sementes não germinadas em um total de 200 sementes do teste de germinação.

Pelo teste de tetrazólio verifica-se que a maioria das sementes que não germinaram estavam mortas, principalmente a 35 °C (Figura 3). Catão et al. (2014) verificaram nas sementes remanescentes do teste de germinação nas temperaturas de 20 °C e 35 °C que as sementes possuíam uma maior porcentagem de viabilidade, portanto, apresentavam termoinibição. Isso não pôde ser verificado devido as sementes germinadas a 20 °C e a 35 °C possuírem alta mortalidade, após a coloração no teste de tetrazólio.

No teste de tetrazólio não foi observado um número expressivo de sementes viáveis, não tendo representatividade gráfica (Figura 3). O teste de tetrazólio é uma importante ferramenta na averiguação da termoinibição de sementes de alface, pois o teste leva em consideração a atividade de enzimas desidrogenases, as quais são essenciais no processo de respiração das sementes. O teste de tetrazólio pode ser utilizado para a confirmação da termoinibição das sementes de alface sob temperaturas elevadas (Catão et al., 2014; Catão et al., 2018; Catão et al., 2023).

Os genótipos UFU125#1#1#1 e Everglades apresentaram menor número de sementes remanescentes e mortas em todas as temperaturas e períodos de armazenamento. O genótipo UFU86#2#1#1 foi o que mais apresentou sementes remanescentes e mortas na temperatura de 20 °C em todos os períodos de armazenamento (Figura 3). Foi relatado que este genótipo possui desempenho similar a cultivar Everglades sob altas temperaturas (Catão et al., 2023). Essa maior perda de viabilidade pode ter sido ocasionada após o armazenamento das sementes condicionadas, pois é sabido que sementes condicionadas osmoticamente tem a deterioração intensificada quando comparadas a sementes não condicionadas (Rodrigues et al., 2011).

Na distribuição do percentual de frequência de germinação das sementes de alface, a 20 °C, os maiores picos de frequência, aproximadamente 80%, ocorreram nos genótipos UFU125#1#1#1, UFU40#5#5#1, UFU107#1#2#1, UFU189#3#4#1 e UFU206#1#1#1 aos zero dias de armazenamento, sendo a germinação sincronizada (Figura 4). Por meio das frequências, é possível observar se ao longo do tempo as sementes germinam até atingirem um valor máximo e depois declinam (Santana; Ranal, 2004).

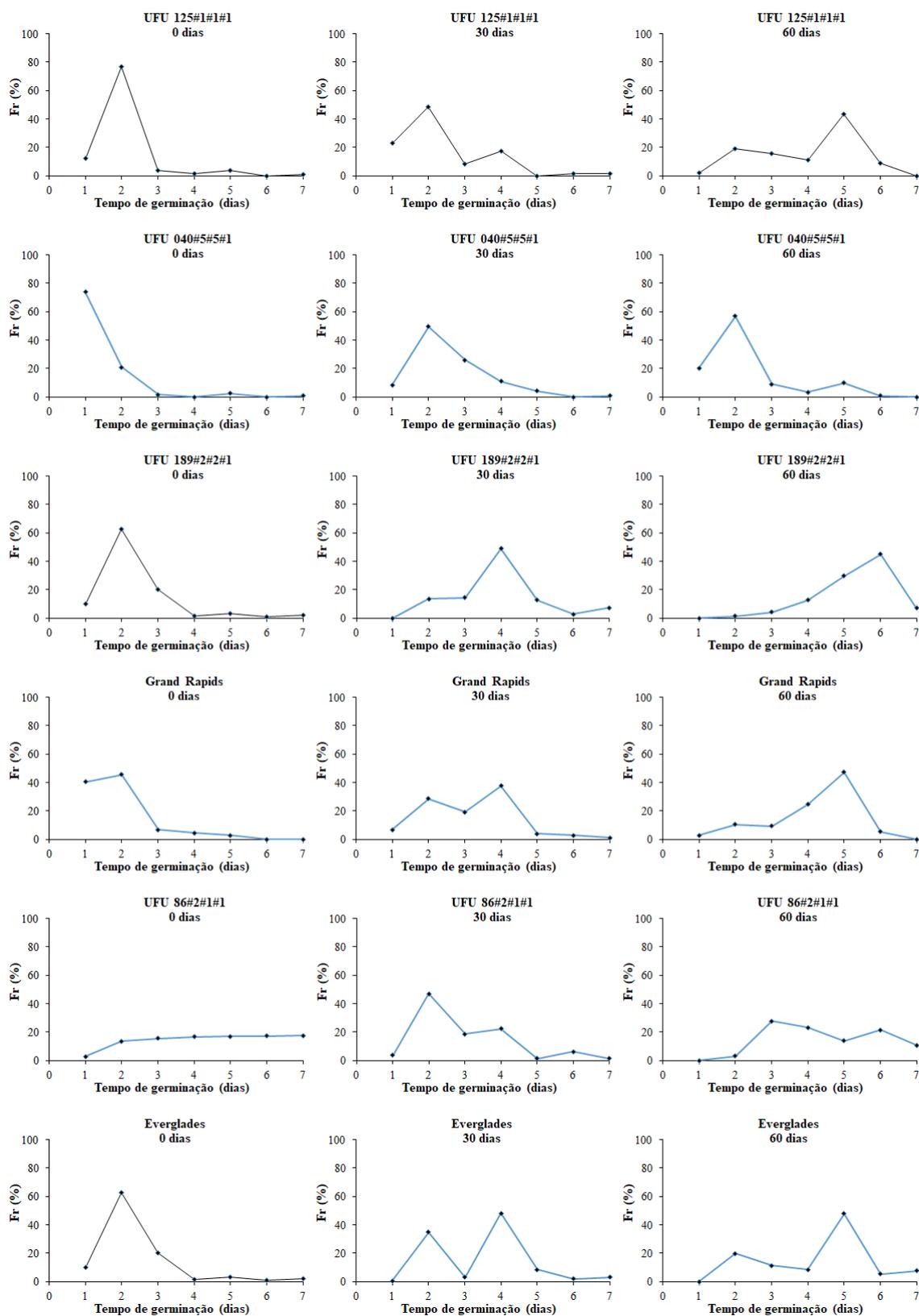
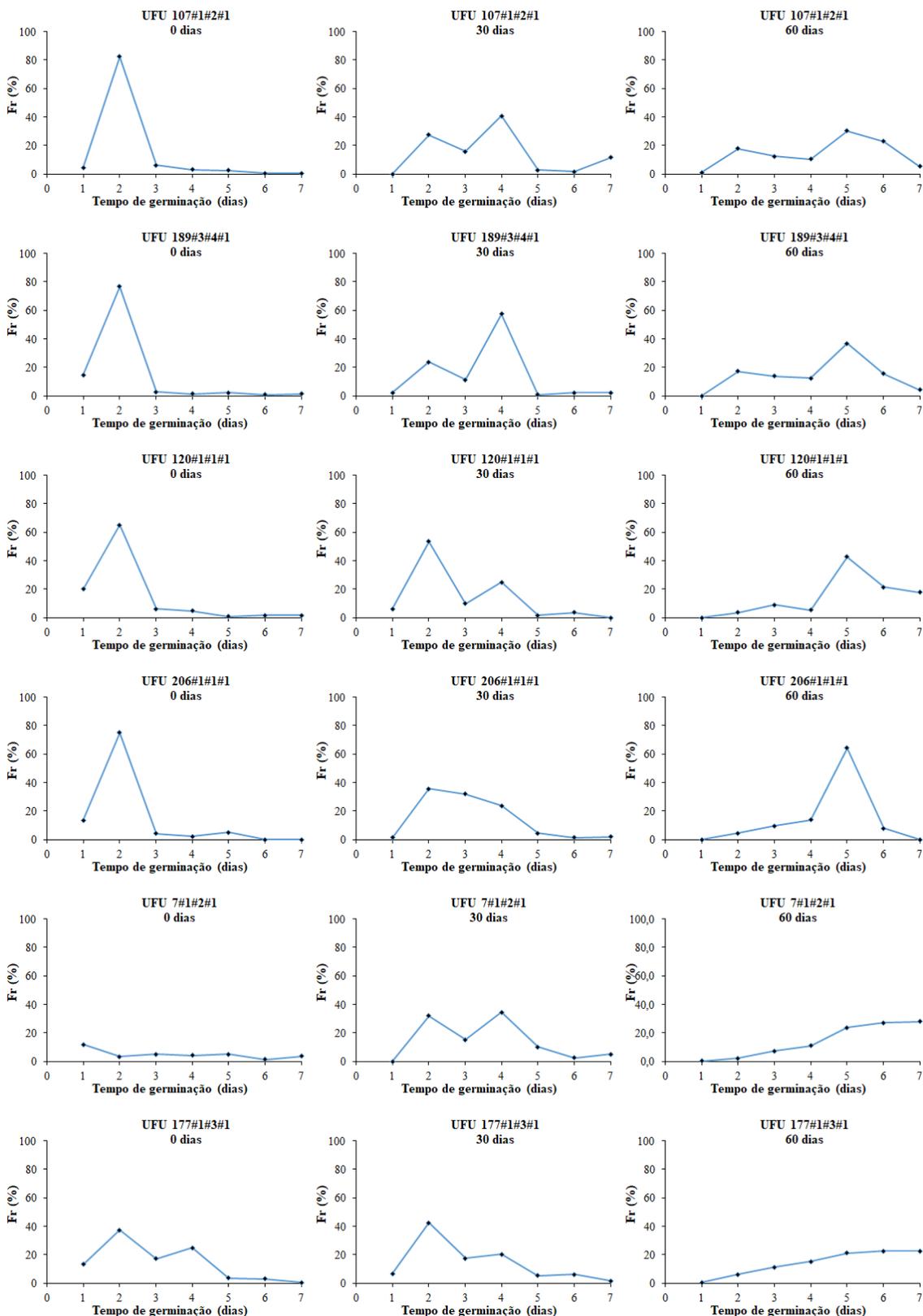


Figura 4. Distribuição de frequência relativa da germinação a 20 °C de sementes de genótipos de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico e armazenamento.



Continuação Figura 4. Distribuição de frequência relativa da germinação a 20 °C de sementes de genótipos de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico e armazenamento.

Nos genótipos UFU86#1#1#1 e UFU7#1#2#1 é possível verificar deslocamento da linha poligonal do tempo de germinação aos zero dias de armazenamento. Isso significa atraso do processo germinativo ou redução do vigor das sementes (Alves et al., 2011), o que corrobora com os dados fisiológicos das Tabelas 2 e 3.

Aos 30 e 60 dias armazenamento a frequência relativa de germinação a 20 °C não foi superior a 60%, havendo deslocamento tanto para a esquerda quanto para a direita do tempo de germinação, indicando menor sincronia no processo germinativo (Figura 4). O deslocamento da linha poligonal para a direita ou esquerda do tempo médio demonstra um atraso no processo germinativo (Alves et al., 2011). Esse deslocamento é evidente nos genótipos UFU125#1#1#1, Grand Rapids, Everglades, UFU107#1#1#1, UFU189#3#4#1, UFU120#1#1#1, UFU206#1#1#1, UFU7#1#2#1 e UFU107#1#3#1.

A distribuição de frequência relativa da germinação é muito utilizada no estudo da germinação de sementes de espécies florestais e frutíferas (Dapont et al., 2014; Aguiar et al., 2014) e pode ser uma ferramenta no estudo da termoinibição no qual é possível verificar o comportamento da germinação sob temperaturas elevadas.

A germinação das sementes se distribuiu de forma diferente na temperatura de a 35 °C ao longo do armazenamento. A distribuição de frequência não foi superior a 60% nas sementes de alface a 35 °C no período zero de armazenamento (Figura 5). Ressalta-se que houve o decréscimo da frequência relativa nos genótipos UFU125#1#1#1, UFU40#5#5#1, Grand Rapids, UFU86#2#1#1, Everglades, UFU120#1#1#1, UFU206#1#1#1 e UFU107#1#3#1.

Os genótipos UFU189#2#2#1 e UFU7#1#2#1 a frequência relativa máxima foi de 40% e 20%, respectivamente. Esse comportamento é um indicativo que esses genótipos são suscetíveis a termoinibição, mesmo após o condicionamento fisiológico na temperatura de germinação a 35 °C (Tabela 2). O genótipo UFU189#2#2#1 pelo teste de tetrazólio também apresentou grande mortalidade de sementes (Figura 3), sendo um indicativo que as sementes estavam termoinibidas e morreram devido à alta temperatura do teste de germinação. Sementes de alface expostas por período prolongado na temperatura de 35 °C, apresentam alta mortalidade, após estarem termodormentes e/ou termoinibidas (Nascimento et al., 2012 e Catão et al., 2014).

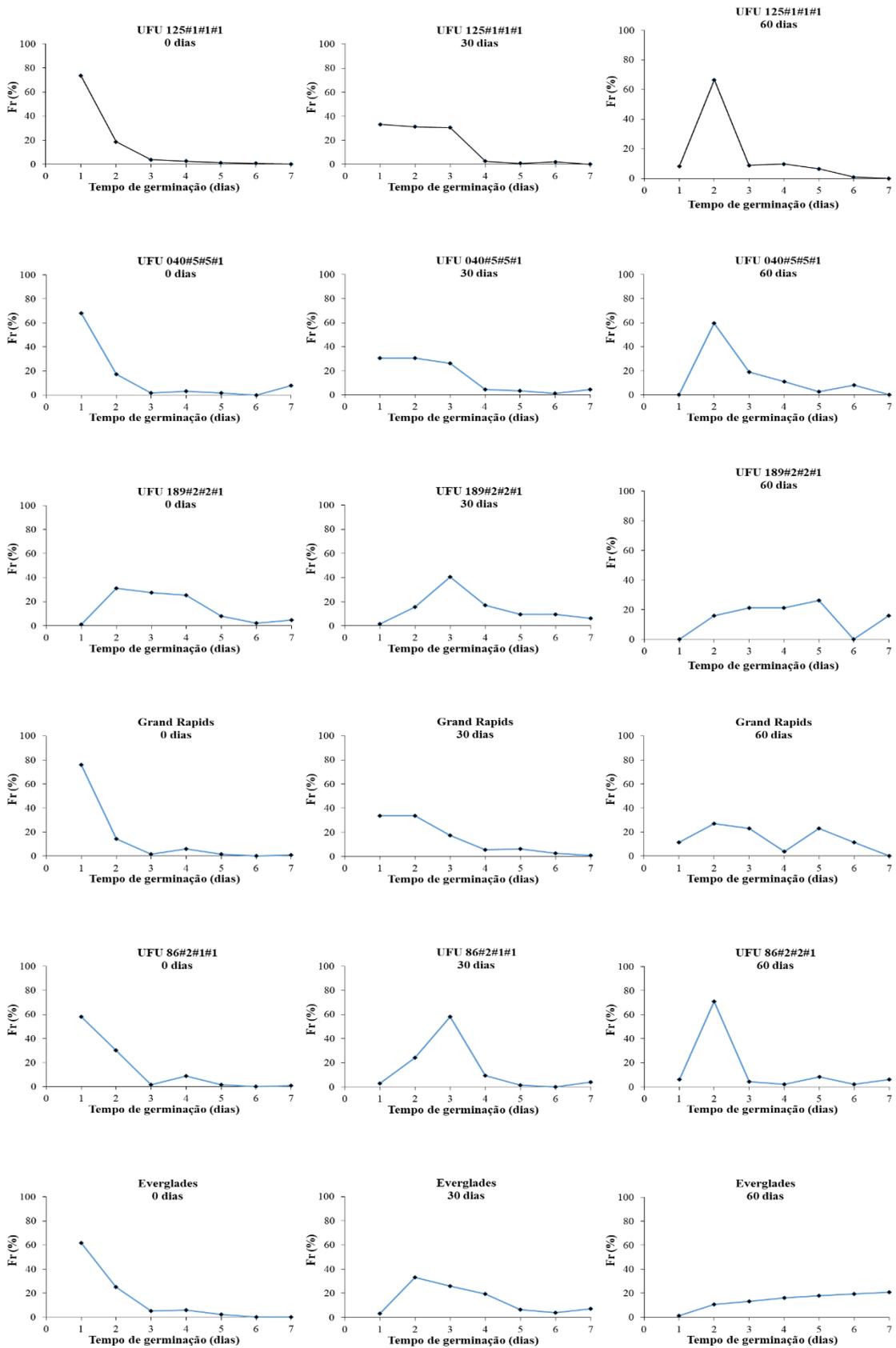
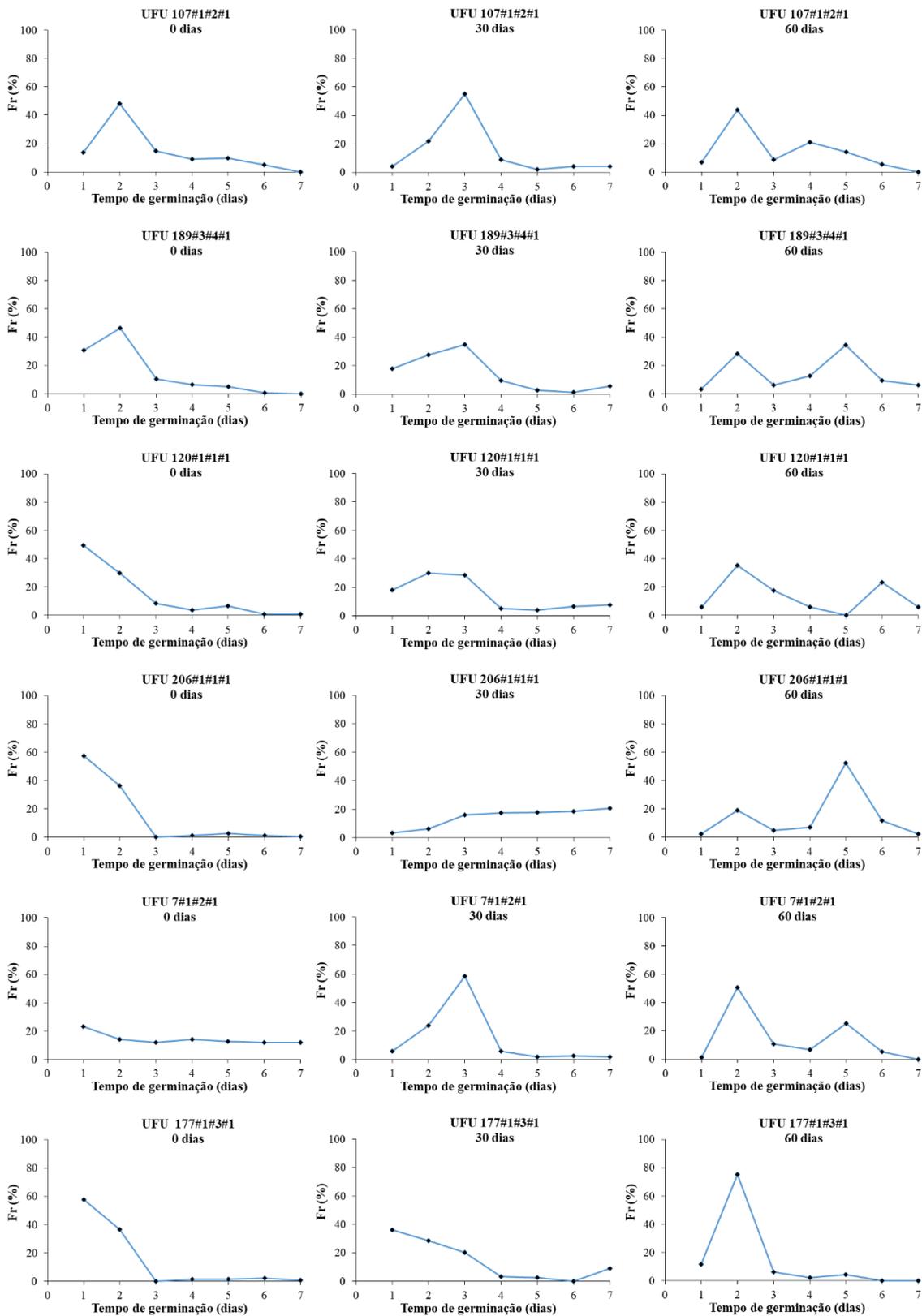


Figura 5. Distribuição de frequência relativa da germinação a 35 °C de sementes de genótipos de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico e armazenamento.



Continuação Figura 5. Distribuição de frequência relativa da germinação a 35 °C de sementes de genótipos de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico e armazenamento.

Os maiores picos de frequência relativa, aos 30 dias de armazenamento, ocorreram nos genótipos UFU86#2#1#1, UFU107#1#2#1 e UFU7#1#2#1 com aproximadamente 60% no terceiro dia de germinação a 35°C. Após 60 dias de armazenamento houve deslocamento da linha poligonal nos dois sentidos o que indica menor sincronia e atraso de germinação. Ao longo do período de armazenamento houve redução no vigor das sementes, ao contrário do observado ao zero dia de armazenamento.

A frequência de germinação está relacionada ao tempo médio de germinação e ao índice de velocidade de germinação (Takata et al., 2014). Os deslocamentos dos pontos, se refere, portanto, ao índice de velocidade de germinação, ou seja, uma estimativa da duração média do período que as sementes levam para germinar.

4.2. Ensaio 2

O teor de água das sementes variou conforme o método de secagem (Figura 6). Inicialmente as sementes estavam com 6,4% de umidade e após o condicionamento chegaram à umidade de 49,3%. Rodrigues et al. (2012) verificaram o teor de água das sementes de alface alcançou 43,2% a 50,6% após o osmocondicionamento.

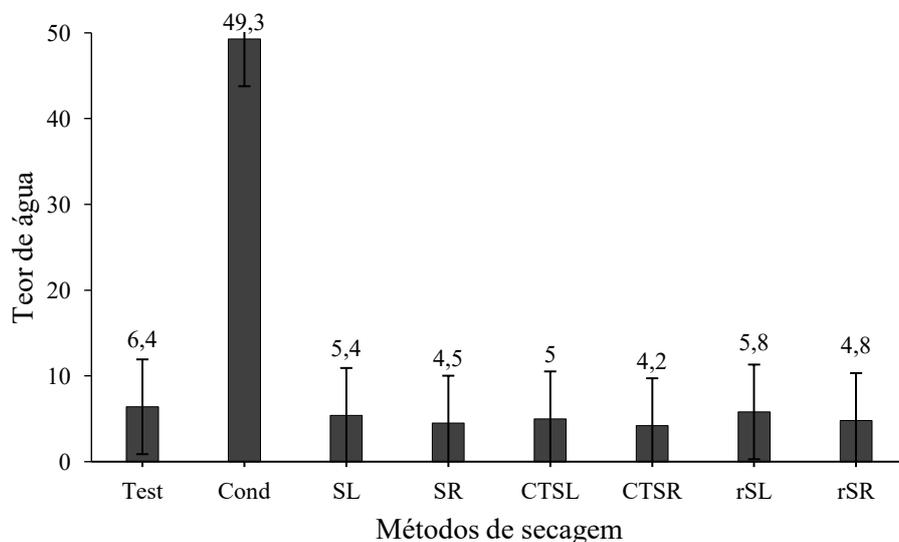


Figura 6. Teor de água (%) de sementes de alface biofortificada antes, após condicionamento fisiológico e após a secagem. 1= testemunha (sementes sem condicionamento - Test); 2= sementes condicionadas e sem secagem (Cond); 3= secagem lenta (SL); 4= secagem rápida (SR); 5= choque térmico + secagem lenta (CTSL); 6= choque térmico + secagem rápida (CTSR); 7= redução do teor de água + secagem lenta (rSL); e 8= redução do teor de água + secagem rápida (rSR).

Nos demais métodos de secagem o teor água das sementes variou entre 4,2% e 5,8%. A diferença entre o menor e o maior método de secagem foi de apenas 1,6%

garantindo confiabilidade nos resultados das avaliações do potencial fisiológico das sementes (Marcos-Filho, 2015), pois diferenças de até 2% do teor de água são toleradas.

As sementes submetidas a secagem lenta tiveram os teores de água variando entre 5,0 e 5,8%, enquanto para a secagem rápida, a umidade variou entre 4,2 e 4,8%. Vale ressaltar que as temperaturas e umidade relativas do ar foram diferentes entre os métodos de secagem, com isso, possivelmente as sementes atingiram o equilíbrio higroscópico. A água, entre 4% e 8%, é denominada Tipo I, sendo fortemente associada às macromoléculas, considerada constituinte estrutural e não apresenta propriedades solventes, ou seja, considerada água de constituição (Marcos-Filho, 2015). Esta água de constituição é mais difícil retirá-la, devido estar ligada aos compostos da semente por meio de ligações químicas, como pontes de hidrogênio e ligações iônicas (Vertucci; Farrant, 1995).

Dependendo da espécie, as sementes quando possuem teor e água do Tipo I podem apresentar características fisiológicas como: baixa atividade respiratória, favorável ao armazenamento em embalagens herméticas, possibilidade de terem dormência, acelerar processos de deterioração e estão no limite para proteção contra efeitos de radicais livres (Bewley et al., 2014); Marcos-Filho, 2015).

Houve interação significativa entre os métodos de secagem x temperaturas de germinação; métodos de secagem x armazenamento, assim como temperaturas de germinação x armazenamento para a primeira contagem de germinação. É possível verificar que houve menor vigor das sementes com secagem rápida (SR) e com redução do teor de água + secagem rápida (rSR), a 20 °C (Tabela 4). A primeira contagem do teste de germinação é considerada um indicativo de vigor e trata-se de uma avaliação importante por identificar lotes com capacidade de estabelecimento mais rápido, além de ser conduzido simultaneamente com o teste de germinação (Krzyzanowski et al., 2020).

Já na temperatura de 35 °C a maior porcentagem de plântulas normais (32%) obtidas no teste de primeira contagem foi em sementes condicionadas sem secagem (Cond). Os demais métodos de secagem foram iguais e estatisticamente inferiores. Na comparação das temperaturas (20 °C e 35 °C) houve redução do vigor e porcentagem de plântulas normais de cada método de secagem pelo teste de primeira contagem de germinação (Tabela 4).

Tabela 4 – Primeira contagem de germinação (%) de sementes de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico e métodos de secagem em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.

Métodos secagem	Temperatura (°C)		
	20		35
Testemunha	71 Aa		11 Bb
Cond	68 Aa		32 Ab
SL	68 Aa		13 Bb
SR	60 Ba		12 Bb
CTSL	66 Aa		13 Bb
CTSR	71 Aa		12 Bb
rSL	68 Aa		9 Bb
rSR	64 Ba		12 Bb

Métodos secagem	Armazenamento (dias)		
	0	30	60
Testemunha	44 Aa	37 Ba	42 Ba
Cond	50 Aa	49 Aa	51 Aa
SL	46 Aa	38 Bb	38 Bb
SR	40 Ba	33 Bb	34 Bb
CTSL	40 Ba	45 Ba	35 Bb
CTSR	39 Ba	40 Ba	45 Ba
rSL	44 Aa	38 Ba	35 Ba
rSR	40 Ba	38 Ba	37 Ba

Temperatura (°C)	Armazenamento (dias)		
	0	30	60
20	66 Aa	69 Aa	66 Aa
35	17 Ba	19 Ba	9 Bb
CV (%)	16,90		

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. 1= testemunha (sementes sem condicionamento - Test); 2= sementes condicionadas e sem secagem (Cond); 3= secagem lenta (SL); 4= secagem rápida (SR); 5= choque térmico + secagem lenta (CTSL); 6= choque térmico + secagem rápida (CTSR); 7= redução do teor de água + secagem lenta (rSL); e 8= redução do teor de água + secagem rápida (rSR).

Na interação métodos de secagem x armazenamento houve respostas distintas para a primeira contagem de germinação (Tabela 4). Aos zero dias de armazenamento, a testemunha, sementes condicionadas sem secagem (Cond), secagem lenta (SL) e redução do teor de água + secagem lenta (rSL) apresentaram maior porcentagem de plântulas normais no teste de primeira contagem de germinação.

Aos 30 e 60 dias de armazenamento, em sementes condicionadas sem secagem (Cond) houve maior vigor na obtenção de plântulas normais (Tabela 4). Em sementes de *Urochloa ruziziensis* condicionadas e sem secagem (Cond) os valores de primeira contagem foram superiores aos demais métodos de condicionamento/secagem (Melo et al., 2021). Esses autores ainda reforçaram que a redução do teor de água + secagem lenta (rSL) promoveu a embebição lenta das sementes de *Urochloa* e manteve um controle de hidratação suficiente para permitir os processos metabólicos essenciais para a germinação.

Houve interação tripla entre os fatores para o teste de germinação (Tabela 5). A 20 °C não houve diferença entre os tratamentos no período zero de armazenamento. Entretanto, aos 30 dias de armazenamento houve menor porcentagem de plântulas normais no tratamento com secagem rápida (SR).

Tabela 5- Germinação (%) de sementes de alface após o condicionamento fisiológico e métodos de secagem em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.

Temperatura (°C)	Métodos secagem	Armazenamento (dias)		
		0	30	60
20	Testemunha	77 Aa	83Aa	70 Bb
	Cond	77 Aa	74 Aa	76 Aa
	SL	77 Aa	79 Aa	69 Bb
	SR	78 Aa	67 Bb	68 Bb
	CTSL	83 Aa	76 Aa	67 Bb
	CTSR	77 Aa	82 Aa	68 Bb
	rSL	76 Aa	83 Aa	74 Aa
	rSR	85 Aa	74 Ab	65 Bc
35	Testemunha	22 Ba	24 Ba	13 Bb
	Cond	37 Aa	39 Aa	38 Aa
	SL	25 Ba	16 Bb	16 Bb
	SR	21 Ba	10 Cb	7 Cb
	CTSL	20 Ba	15 Ba	23 Ba
	CTSR	19 Ba	11 Cb	12 Bb
	rSL	16 Ba	22 Ba	15 Ba
	rSR	20 Ba	9 Cb	8 Cb
Métodos secagem	Temperatura (°C)	Armazenamento (dias)		
		0	30	60
Testemunha	20	77 A	83 A	70 A
	35	22 B	24 B	13 B
Cond	20	77 A	74 A	76 A
	35	37 B	39 B	38 B
SL	20	77 A	79 A	69 A
	35	25 B	16 B	16 B
SR	20	78 A	67 A	68 A
	35	21 B	10 B	7 B
CTSL	20	83 A	76 A	67 A
	35	20 B	15 B	23 A
CTSR	20	77 A	82 A	68 A
	35	19 B	11 B	12 B
rSL	20	76 A	83 A	74 A
	35	16 B	22 B	15 B
rSR	20	85 A	74 A	65 A
	35	20 B	9 B	8 B
CV (%)				12,53

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. 1= testemunha (sementes sem condicionamento - Test); 2= sementes condicionadas e sem secagem (Cond); 3= secagem lenta (SL); 4= secagem rápida (SR); 5= choque térmico + secagem lenta (CTSL); 6= choque térmico + secagem rápida (CTSR); 7= redução do teor de água + secagem lenta (rSL); e 8= redução do teor de água + secagem rápida (rSR).

Com 60 dias de armazenamento apenas nos tratamentos com condicionamento sem secagem (Cond) e redução do teor de água + secagem lenta (rSL) houve maiores porcentagens de germinação. Como pode ser verificado, a embebição das sementes analisadas foi suficiente para promover a germinação nas condições de secagem avaliadas. Sementes de *Urochloa ruziziensis* submetidas ao priming e secagem lenta apresentaram maiores porcentagens e velocidade de germinação (Melo et al., 2021).

Reis et al. (2013) verificaram em sementes de berinjela condicionadas e condicionadas submetidas à secagem lenta expressaram as maiores porcentagens de germinação, 96% e 97%, respectivamente. O condicionamento fisiológico proporcionou incrementos na porcentagem de plântulas normais, indicando reparo de danos nas sementes. Sementes condicionadas e submetidas à secagem lenta também se destacaram quanto à germinação, pois os benefícios obtidos com o condicionamento foram mantidos ao longo do armazenamento (Tabela 5).

Independentemente do período de armazenamento (zero, 30 e 60 dias), a 35 °C, as sementes condicionadas sem secagem (Cond) mantiveram os efeitos do condicionamento fisiológico obtendo maior porcentagem de plântulas normais. Possivelmente, isso ocorreu devido as sementes terem absorvido água e estarem metabolicamente ativas, permitindo que os processos preparatórios para a germinação sejam iniciados (Marcos-Filho, 2015) e tenham tolerância termoinibição.

Vale ressaltar que os efeitos do tratamento em sementes condicionadas (Cond) e com redução do teor de água + secagem lenta (rSL) foram mantidos ao longo do armazenamento a 35 °C (Tabela 5). Analisando cada tratamento de forma isolada nas temperaturas 20 °C e 35 °C houve decréscimo da porcentagem de plântulas normais em todos os períodos de armazenamento.

Na temperatura de 35 °C as sementes com secagem rápida (SR), choque térmico + secagem rápida (CTSR) e redução do teor de água + secagem rápida (rSR) tiveram as menores porcentagens de germinação, aos 30 e 60 dias de armazenamento. Os efeitos benéficos adquiridos com o condicionamento fisiológico podem ser revertidos, dependendo do método de secagem utilizado (Butler et al., 2009).

Houve menor emergência inicial (43%) de plântulas na testemunha a 20 °C em relação aos demais tratamentos (Tabela 6). Na temperatura de 35 °C as sementes que foram condicionadas (Cond) tiveram maior porcentagem inicial de plântulas emergidas. A testemunha apresentou menor porcentagem inicial de plântulas emergidas a 20 °C.

Houve decréscimo da emergência inicial ao comparar as temperaturas em todos os tratamentos.

Tabela 6 – Emergência inicial e final (%) de plântulas de alface biofortificada após o condicionamento fisiológico e métodos de secagem em função das temperaturas de 20 °C e 35 °C e períodos de armazenamento.

Emergência inicial (%)		
Métodos secagem	Temperatura (°C)	
	20	35
Testemunha	43 Ba	2 Cb
Cond	55 Aa	29 Ab
SL	57 Aa	13 Bb
SR	57 Aa	12 Bb
CTSL	57 Aa	14 Bb
CTSR	58 Aa	10 Bb
rSL	56 Aa	16 Bb
rSR	55 Aa	9 Bb
CV (%)		24,01
Emergência final (%)		
Métodos secagem	Temperatura (°C)	
	20	35
Testemunha	56 Aa	5 Cb
Cond	59 Aa	32 Ab
SL	60 Aa	17 Bb
SR	62 Aa	17 Bb
CTSL	64 Aa	17 Bb
CTSR	60 Aa	14 Bb
rSL	64 Aa	17 Bb
rSR	59 Aa	12 Bb
CV (%)		22,55

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. 1= testemunha (sementes sem condicionamento - Test); 2= sementes condicionadas e sem secagem (Cond); 3= secagem lenta (SL); 4= secagem rápida (SR); 5= choque térmico + secagem lenta (CTSL); 6= choque térmico + secagem rápida (CTSR); 7= redução do teor de água + secagem lenta (rSL); e 8= redução do teor de água + secagem rápida (rSR).

Após dez dias da semeadura foi contabilizada a porcentagem final de emergência. A 20 °C todos os tratamentos foram iguais estatisticamente. Esse resultado é indicativo de que, em relação à testemunha, embora não tenham ocorrido incrementos significativos na emergência de plântulas após os tratamentos, os métodos de secagem não prejudicaram o estado final avaliado. Entretanto, na temperatura de 35 °C, sementes que foram condicionadas (Cond), tiveram maior porcentagem final de emergência de plântulas (32%). Apenas 5% de emergência plântulas foram obtidas na testemunha, sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos (Tabela 6). Demir et al. (2005) e Reis et al. (2013) verificaram que a secagem lenta proporcionou maior porcentagem de

emergência do que a secagem rápida em sementes de pimentão e berinjela, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

As sementes de alface biofortificada UFU125#1#1#1 são tolerantes à termoinibição após o condicionamento fisiológico e os efeitos são mantidos no armazenamento.

Há redução da qualidade fisiológica e da tolerância a termoinibição das sementes dos demais genótipos, após o condicionamento fisiológico e armazenamento.

Após o armazenamento há aumento da mortalidade e menor sincronia de germinação em sementes condicionadas dos genótipos de alface biofortificados na temperatura de 35°C.

A secagem de sementes de alface condicionadas deve ser realizada preferencialmente de forma lenta, com ou sem redução do teor de água inicial, para manter a tolerância a termoinibição no armazenamento.

6. REFERÊNCIAS

ABCSEM. Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. 2020. Levantamento de dados socioeconômicos do agronegócio de hortaliças 2021 ano base 2020. Campinas, SP. 2023. Portal. Disponível em: <https://abcsem.com.br>. Acesso em: 11 dez. 2021.

ALBUQUERQUE, K. S.; GUIMARÃES, R. M.; GOMES, L. A. A.; VIEIRA, A. R.; JÁCOME, M. F. Condicionamento osmótico e giberelina na qualidade fisiológica de sementes de pimentão colhidas em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira de Sementes*, Lavras, v. 31, n. 4, p. 100-109, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000400012>. Disponível em: <file:///C:/Users/Samsung/Downloads/2062-Article%20Text-2792-1-10-20130226.pdf>. Acesso em: 11 dez 2021.

ALVES, E. U.; A, L. A.; B, R.L.A., V, R.M., C, E.A. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert sob diferentes substratos. *Revista Ciência Agronômica*. 42, 439- 447p. [s.l.], 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000200025> Disponível em: <file:///C:/Users/Samsung/Downloads/ecosta,+15+TAMARIND+TREE+SEEDLINGS+I+N+PROTECTED+ENVIRONMENTS+AND+SUBSTRATE.pdf> Acesso em: 11 dez 2021.

ALMEIDA, F.A.; SILVA-MANN, R.; SANTOS, H.O.; P EREIRA, R.W.; BLANK,A.F. Germination temperatures affect the physiological quality of seeds of lettuce cultivars. *Bioscience Journal*, v.35, n.4, p.1143-1152, [s.l.], 2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n4a2019-42196>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/42196>. Acesso em: 21 dez 2021.

AGUIAR, R. S. de; YAMAMOTO, L. Y.; PRETI, E. A.; SOUZA, G. R. B. de; SBRUSSI, C. A. G.; OLIVEIRA, E. A. de P.; ASSIS, A. M. de; ROBERTO, S. R.; NEVES, C. S. V. J. Extração de mucilagem e substratos no desenvolvimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 2, p. 605- 612, Londrina, 2014. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1360>. Acesso em: 21 dez 2021.

ARGYRIS, J.; DAHAL, P.; HAYASHI, E.; STILL, D. W.; BRADFORD, K. J. Genetic variation for lettuce seed thermoinhibition is associated with temperature-sensitive expression of abscisic acid, gibberellin, and ethylene biosynthesis, metabolism, and response genes. *Plant Physiology*, v. 148, n. 2, p. 926-947, [s.l.] , 2008. DOI: [10.1104/pp.108.125807](https://doi.org/10.1104/pp.108.125807). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18753282/> Acesso em: 22 dez 2021.

ARGYRIS, J.; TRUCO, M. J.; OCHOA, O.; MCHALE, L.; DAHAL, P.; VAN DEYNZE, A.; BRADFORD, K. J. A gene encoding an abscisic acid biosynthetic enzyme (LsNCED4) collocalizes with the high temperature germination locus Htg6. 1 in lettuce (*Lactuca sp.*). *Theoretical and Applied Genetics*, v. 122, n. 1, p. 95-108, [s.l.], 2011.

DOI: 10.1007/s00299-011-1180-1. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22044964/>. Acesso em: 22 dez 2021.

BALBINOT, E.; LOPES, H. M. Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2006. DOI:
<https://www.redalyc.org/pdf/744/74429306013.pdf> Disponível em:
<https://www.redalyc.org/pdf/744/74429306013.pdf> Acesso em: 21 dez 2021.

BARRAMEDA-MEDINA, Y.; Blasco, B.; Lentini, M.; Esposito, S.; Baenas, N.; Moreno, D.A.; Ruiz, J. M. Zinc biofortification improves phytochemicals and amino-acidic profile in Brassica oleracea cv. Bronco. *Plant Science*, 258, 45–51 p., [s.l.], 2017. DOI:
DOI: 10.1016/j.plantsci.2017.02.004. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28330562/> Acesso em: 22 dez 2021.

BARRAMEDA-MEDINA, Y., Lentini, M., Esposito, S., Ruiza, J. M., Blasco, B. Zn biofortification enhanced nitrogen metabolism and photorespiration process in green leafy vegetable Lactuca sativa L. J. *Sci. Food Agric.*, 97, 1828–1836p., [s.l.], 2017a. DOI: 10.1002/jsfa.7983 Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27487980/>. Acesso em: 22 dez 2021.

BRACCINI, A. L. *et al.* Influência do processo de hidratação-desidratação na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 80-87, 1997. DOI: [10.17801/0101-3122/rbs.v19n1p80-87](https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v19n1p80-87) Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/242111952_Influencia_do_processo_de_hidracao_desidracao_na_qualidade_fisiologica_de_sementes_de_soja_durante_o_armazenamento. Acesso em: 22 dez 2021.

BEWLEY, J.D; BLACK, M. Seeds Physiology of Development and Germination. *3rd Edition*, Plenum Press, New York, 1994. 445p. Disponível em:
[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1296920](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1296920) Acesso em: 22 dez 2021

BEWLEY, J.D., et al. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. The Plant Cell, 3. ed ,Vol. 9, *American Society of Plant Physiologists*, Canadá, New York: Springer, 2014. 1055-1066p. DOI: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/750204/Disponivel:https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/750204/mod_resource/content/0/Bewley_Seed_Do rmancy-_The_plant_cell-1997.pdf. Acesso em: 22 dez 2021.

BERJACK, P.; PAMMANter, N. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Lavras, v. 12, p. 22-55, 2000. Edição especial. Disponível em:
http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1052/1/TESE_M%C3%A9todos%20de%20secagem%20e%20armazenamento%20de%20sementes.pdf. Acesso em: 22 dez 2021.

BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.D.S.; DIAS, L.D.S.; ARAUJO, E.F.V. Efeito do condicionamento osmótico das sementes na germinação e no crescimento das plântulas

de aspargo. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 26, p. 50-56, [s.l.], 2004. DOI: <https://doi.org/123456789/27064/1/artigo.pdf>. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/27064/1/artigo.pdf>
Acesso em: 22 dez 2021.

BUTLER, L. H. *et al.* Priming and re-drying improve the survival of mature seeds of *Digitalis purpurea* during storage. *Annals of Botany*, London, v. 103, n. 8, p. 1261-1270, June 2009. DOI: 10.1093/aob/mcp059. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19304995/>
Acesso em: 22 dez 2021.

BRADFORD, K.J. Germination improvement and avoidance of thermodormancy through osmotic treatment of seeds. Report to the California Iceberg Lettuce Advisory Board's Research Program, *Annual Reports*, Califórnia, 1985. p. 61-72. DOI: HB20_1.p65. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/vsjY4PTdnDh4yXF5ZqSYqsx/?format=pdf&lang=pt>.
Acesso em: 22 dez 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

BRASIL. **Instrução Normativa** N° 42, de 17 de setembro de 2019. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 23 dez. Seção 1, Portal: MAPA. Brasília, DF. 2021.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Brasil, 2023. Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 15 nov 2021.

BROADLEY, M. R.; WHITE, P. J.; Hammond, J. P.; Zelko, I.; Lux, A. Zinc in plants. *New Phytol*, [s.l.] , 2007. 173, 677–702p. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17286818/>. Acesso em: 22 dez 2021.

BRUCE, T.J.A.; MATTHES, M.C.; NAPIER, J.Á.; PICKETT, J.A. Stressful “memories” of plants: Evidence and possible mechanisms. *Plant Science*. V. 173, p.603–608. Elsevier Ireland, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2007.09.002>. Disponível em: <https://repository.rothamsted.ac.uk/item/89xv4/stressful-memories-of-plants-evidence-and-possible-mechanisms>. Acesso em: 22 dez 2021.

BRUGGINK, G. T.; OOMS, J. J. J.; TOORN, P. van der. Induction of longevity in primed seeds. *Seed Science Research*, v. 9, n. 1, p. 49-53, Jan, Wallingford ,1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/3VhC4w4vqNgJk3xZr6wPVQh/?lang=en>.
Acesso em: 22 dez 2021.

BROCKLEHURST, P. A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion: I., laboratory 75 germination. *Annals of Applied Biology*, v. 102, n. 3. June. Warwick, 1983. 577-584p. DOI:10.1111/j.1744-7348.1983.tb02729.x. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/230059930_Interactions_between_seed_primi

ng_tretments_and_nine_seed_lots_of_carrot_celery_and_onion_I_Laboratory_germinat
ion. Acesso em: 22 dez 2021.

BLIND, AD; SILVA FILHO, DF. Desempenho produtivo de cultivares de alface americana na estação seca da Amazônia Central. *Bioscience Journal*. [s.l.], 2015. 404-414p. DOI: Agra_22352 (2). Disponível em: admin,+9-Agra_22352 (2).pdf. Acesso em: 22 dez 2021.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588 p. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.155220405> Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/702058/1/Sementes%20An%C3%A1lise%20tecnologia%20e%20propaga%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 22 dez 2021.

CATÃO, H. C. R. M.; GOMES, L. A. A.; GUIMARÃES, R. M.; FONSECA, P. H. F.; CAIXETA, F.; MARODIN, J. C. Physiological and isozyme alterations in lettuce seeds under different conditions and storage periods. *Journal of Seed Science*, 305-313p. [s.l.], 2007. DOI:10.1590/2317-1545v38n4163863. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/SFRNbVC5VcMhfRpgpZHKPyb/?lang=en>. Acesso em: 20 nov 2021

CATÃO, H.C.R.M.; GOMES, L.A.A.; SANTOS, H.O.; GUIMARÃES, R.M.; FONSECA, P.H.F.; CAIXETA, F. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de alface em diferentes temperaturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.4, p.316-322, [s.l.], 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014000400010 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/3kBWZzpFtNjDdHqKNd9n3dL/?lang=pt>. Acesso em: 20 nov 2021.

CATÃO, HCRM; GOMES, LAA; GUIMARÃES, RM; FONSECA, PHF; CAIXETA, F; GALVÃO, AG. Physiological and biochemical changes in lettuce seeds during storage at different temperatures. *Horticultura Brasileira*. [s.l.], 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362018010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/WX3vxQRb6NqhKsV8VfwKcyf/?lang=en>. Acesso em: 20 nov 2021.

CATÃO, H. C. R. M.; MACIEL, G. M.; GOMES, L. A. A.; SIQUIEROLI, A. C. S.; LUZ, J. M. Q.; CABRAL NETO, L. D. Genetic dissimilarity for thermoinhibition in seeds of lettuce lines after defoliation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, [s.l.], (2023b). DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.56518>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/BQb5vtJ94wzMWpBJKcfYm9c/>. Acesso em: 20 nov 2021.

CATÃO, H. C. R. M.; CARDOSO, D. B. O.; MACIEL, G. M.; GOMES, L. A. A.; SIQUIEROLI, A. C. S.; NEVES, F. de O. B. C. Artificial neural networks discriminate lettuce seeds with different levels of thermoinhibition. *Journal of Seed Science*, [s.l.], 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45255086>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/5MS87gx57nGmm9pL4cb98sk/>. Acesso em: 20 nov 2021.

CASSETARI, L. S. et al. β -Carotene and chlorophyll levels in cultivars and breeding lines of lettuce. *Acta Horticulturae*, Lisboa, v. 1083, p. 469-474, 2015. DOI:10.17660/ActaHortic.2015.1083.60. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282446351_bCAROTENE_AND_CHLOROPHYLL_LEVELS_IN_CULTIVARS_AND_BREEDING_LINES_OF_LETTUCE. Acesso em: 22 dez 2021.

CASEIRO, R. F; MARCOS-FILHO, J. Métodos para a secagem de sementes de cebola submetidas ao condicionamento fisiológico. *Horticultura Brasileira*, 887–892p. Esalq, Out/Dez.2005. DOI:<https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000400005>. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001485660> Acesso em: 22 dez 2021.

COSTA, C. P.; SALA, F. C. A evolução da alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 23, n. 1, 2005. Disponível em: <https://www.scienceopen.com/document?vid=d213a9c9-1bd4-4b27-9a49-50cb27b4c887>. Acesso em: 22 dez 2021.

CONTRERAS-QUIROZ, M.D.R.; PANDO-MORENO, M.; FLORES, J.; E. JURADO. Effects of wetting and drying cycles on the germination of nine species of the Chihuahuan Desert. *Botanical Sciences*, v. 94, n. 2, p. 221-228, México, 2016. DOI:<https://doi.org/10.17129/botsci.457>. Disponível em: <https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/457> Acesso em: 15 nov 2021.

MORAES, C. C.; MATTAR, G. S.; SALA, F. C.; MELLIS, E. V.; PURQUERIO, L. F. V. Benefícios do uso da biofortificação agrônômica em alface. *Cultivar Hortaliças e Frutas*. Pelotas, 2020. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/beneficios-do-uso-da-biofortificacao-agronomica-em-alface>. Acesso em: 22 dez 2021.

CHAKRABORTEE, S. et al. Hydrophilic protein associated with desiccation tolerance exhibits broad protein stabilization function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 104, n. 46, p. 18073-18078, Nov. 2007. DOI: 10.1073/pnas.0706964104. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17984052/>. Acesso em: 15 nov 2021.

CHOJNOWSHI, M.; CORBINEAU, F.; COME, D. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. *Seed Science Research*, New York, v.7, n.4, p.323-331, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/yMFT33MnkZK4z8kDhdhFSmR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 nov 2021.

DAMANIA, A.B. Inhibition of seed germination in lettuce at high temperature. *Seed Research*, v. 14, p. 177-184, [s.l.], 1986. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/vsjY4PTdnDh4yXF5ZqSYqsx/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 15 nov 2021.

DANTAS, N. B. L. Condicionamento fisiológico e tolerância ao estresse salino em sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.). Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Semi-árido, *Programa de pós-graduação em ambiente, Tecnologia e*

Sociedade, 2019. 58f. DOI:10.34117/bjdv7n8-058. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/1879>. Acesso em: 14 nov 2021.

DAPONT, E. C.; SILVA, J. B.; OLIVEIRA, J. D. de; ALVES, C. Z.; DUTRA, A. S. Métodos para acelerar e uniformizar a emergência de plântulas de *Schizolobium amazonicum*. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 3, p. 598-605, [s.l.], 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000300022> Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/> Acesso em: 15 nov 2021.

DEMIR, I.; ERMIS, S.; OKCU, G. Effect of dehydration temperature and relative humidity after priming on quality of pepper seeds. *Seed Science and Technology*, Zürich, v. 33, n. 3, p. 563-569, [s.l.], Oct. 2005. DOI:10.15258/sst.2005.33.3.04 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233578341_Effect_of_dehydration_temperature_and_relative_humidity_after_priming_on_quality_of_pepper_seeds Acesso em: 10 nov 2021.

DUBROVSKY, J.G. Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *Journal of the Torrey Botanical Society*. v.125, p.33-39, [s.l.], 1998. DOI: <https://www.jstor.org/stable/2997229>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/ngqk78RKXQxRLtx5x6mmmdM/?format=pdf> Acesso em: 15 dez 2021.

DUBROVSKY, J.G. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany*, v. 83, p.624-632., [s.l.], 1996. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1996.tb12748.x>. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=DUBROVSKY%2C+J.G.+Seed+hydration+memory+in+Sonoran+Desert+cacti+and+its+ecological+implication.+American+Journal+of+Botany%2C+v.+83%2C+p.624>. Acesso em: 10 nov 2021.

DREW, R.L.K.; BROCKLEHURST, P.A. Effects of temperature of mother-plant environment on yield and germination of seeds of lettuce (*Lactuca sativa*). *Annals of Botany*, v.66, p.63-71, [s.l.], 1990. DOI: [jstor.org/stable/42770402](https://www.jstor.org/stable/42770402) Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/42770402>. Acesso em: 10 nov 2021.

DREW, R.L.K.; HANDS, L.J.; GRAY, D. Relating the effects of priming to germination of unprimed seeds. *Seed Science and Technology*, v. 25, n. 3, p. 537-548, [s.l.], 1997. DOI: https://link.gale.com/apps/doc/A94775755/AONE?u=ufu_br&sid=googleScholar&xid=0197b7d2. Disponível em: https://link.gale.com/apps/doc/A94775755/AONE?u=ufu_br&sid=googleScholar&xid=0197b7d2. Acesso em: 15 nov 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Tipos de Alface Cultivados no Brasil. *Comunicado técnico*. Novembro, 2009 Brasília, DF. Portal EMBRAPA. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/783588>. Acesso em: 22 dez 2021.

EIRA, M.T.S.; MARCOS-FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface. IN. Efeitos sobre a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.12, n.1, p.9-27, 1990. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-18052004-160932/publico/roseli.pdf>. Acesso em: 11 nov 2021.

FANAN, Sheila; NOVENBRE, Coelho, A. D. L. Condicionamento fisiológico de sementes de berinjela. **Bragantia**, v. 66, p. 675-683, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/GNpbjFPMQrGp4HcpPK3GWLw/?lang=pt>. Acesso em: 11 nov 2021.

FARIA, J. M. R. Desiccation tolerance and sensitivity in *Medicago trunculata* and *Inga vera* seeds. **Thesis (Doctor op Gezag)** – Wageningen Universiteit, 2006. 145p. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1052/1/TESE_M%C3%A9todos%20de%20secagem%20e%20armazenamento%20de%20sementes.pdf. Acesso em: 10 nov 2021.

FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A.; WAHID, A.; AHMAD, N.; SALEEM, B.A. Improving of drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.195, p.237- 246, [s.l.], 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2009.00365.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1439-037X.2009.00365.x>. Acesso em: 10 nov 2021.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, junho, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000200016> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/QXK67HKHymw6KGhH4dc9m7D/?format=pdf> Acesso em: 10 nov 2021.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª ed., UFV, 2003. 421p.

FIALHO, G. S.; Silva, C. A.; Dias, D. C. F. S.; Alvarenga, E. M.; Barros, W. S. Osmocondicionamento em sementes de pimenta 'amarela comprida' (*Capsicum annuum* L.) submetidas à deterioração controlada. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], 2010. 646-652p. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300017> Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300017> Acesso em: 10 nov 2021.

GRAY, D. Effects of temperature on the germination and emergence of lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties. **HortScience**, v. 50, p. 349- 361, [s.l.], 1975. DOI: DOI:10.1080/00221589.1975.11514644 Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-Temperature-on-the-Germination-and-of-Gray/b8c134d0970b4bd4cb72b6b4dfe548072d1d8823> Acesso em: 10 nov 2021.

GRAY, D.; WURR, D.C.E.; WARD, J.A.; FELLOWS, J.R. Influence of post flowering temperature on seed development, and subsequent performance of crisp lettuce. **Annals of Applied Biology**, v.113, p.391-402, [s.l.], 1988. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744->

7348.1988.tb03315.x Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7348.1988.tb03315.x>. Acesso em: 10 nov 2021.

GUZMAN, V.L.; NAGATA, R.T.; DATNOFF, L.E.; RAID, R.N. 'Florida 202' and 'Everglades': New butterhead lettuce cultivars adapted to Florida. **HortScience**, v. 27, p. 852-853, [s.l.], 1992. DOI: <https://worldveg.tind.io/record/31389/>. Disponível em: <https://worldveg.tind.io/record/31389/>. Acesso em: 10 nov 2021.

GUEDES, A. C.; CANTLIFFE, D. J. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, p. 777-781, [s.l.], 1980. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/778185/1/ct33.pdf> Acesso em: 10 nov 2021.

GOMES, T.M.; BOTREL, T.A.; MODOLO, V.A.; OLIVEIRA, R.F. Aplicação de CO₂ via água de irrigação na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.316-319, abr-jun, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/KnZzMR6XW6F67vC8btjWKB/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 nov 2021.

HARRINGTON, J.F.; THOMPSON, R.C. Effect of variety and area of production on subsequent germination of lettuce seed at high temperature. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, v. 59, p. 445-450, [s.l.], 1952. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000100020> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/vsjY4PTdnDh4yXF5ZqSYqsx/> Acesso em: 10 nov 2021.

HEYDECKER, W; HIGGINNS, J; TURNER, Y. J. Invirogation of seeds. **Seed sciences & Technology**, v.3, p.881- 888., [s.l.], 1975. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n2161132> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/VcCCKxhJ3MWMwbqRn5mrJqM/> Acesso em: 10 nov 2021.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F.A. Tipos de alface cultivados no Brasil. Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico**, 75. 2009. 7 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/783588/tipos-de-alface-cultivados-no-brasil> Acesso em: 10 nov 2021.

HÖFS, A; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.92-97, [s.l.], 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000100014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/kcHNsLjXk93F4gf5ffcfHHw/abstract/?lang=pt> Acesso em: 10 nov 2021.

HUO, H.; PEETAMBAR D.; KESHAVULU K.; CLAIRE M. Mc c.; KENT J.; BRADFORD. Expression of 9-cis-EPOXYCAROTENOID DIOXYGENASE4 Is Essential for Thermoinhibition of Lettuce Seed Germination but Not for Seed Development or Stress. **The Plant Cell**. v. 25, n. 3, [s.l.] ,Mar, 2013. DOI: 0.1105/tpc.112.108902

Disponível em: DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23503626/> Acesso em: 10 nov 2021.

Instituto Agronômico – IAC. Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Horticultura. Campinas, 2005. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/tipo.php?p=4> Acesso em: 10 nov 2021.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARUM, R.; PANNEERSELVAN, R. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: effects on oxidative stress, praline metabolism and indole alkaloid accumulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v.60, n.1, [s.l.], 2007. p.110-116. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2007.06.006 Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17643271/> Acesso em: 10 nov 2021.

KAYA, G. The efficiency of prechilling and gibberellic acid (GA3) for breaking thermodormancy in lettuce. *Journal of Seed Science*, [s.l.], 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v44262833>. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v44262833>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/hYgwVKVcQG73DhMxHk5dKx/>. Acesso em: 11 nov 2021.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 141-148. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/wgq5n6wryMtcDb4HWbQ7H5K/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 dez 2021.

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. In: JANICK, J. (ed.). *Horticultural reviews*. New York: John Wiley, 1992. v.13, p.131-173. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470650509.ch4> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470650509.ch4> Acesso em: 10 nov 2021.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.27, n.2, p.240-245., [s.l.], 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000200021> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/xJqFky3xX8XJpFPFbzwHSLy/?lang=pt> Acesso em: 10 nov 2021.

KUBALA, S. et al. Deciphering priming-induced improvement of rapeseed (*Brassica napus* L.) germination through an integrated transcriptomic and proteomic approach. *Plant Science*, v. 231, p. 94-113, [s.l.], 2015. DOI: DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.11.008 Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25575995/> Acesso em: 10 nov 2021.

KRZYZAWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; GOMES JUNIOR, F.G.; NAKAGAVA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França Neto, J.B; Marcos-Filho, J. **Vigor de sementes: conceitos e testes** Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes - ABRATES, 2020. p.79–140. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003073385> Acesso em: 10 nov 2021.

LABOURIAU, L. G. A germinação de sementes. Secretaria Geral da OEA. Washington, 1983. 173p. Disponível em: <https://www.scirp.org/%28S%28351jmbntvnsjt1aadkposzje%29%29/reference/referenc espapers.aspx?referenceid=2191041> Acesso em: 10 nov 2021.

LANTERI, S.; QUAGLIOTTI, L.; BELLETTI, P.; SCORDINO, A.; TRIGLIA, A.; MUSUMECI, F. Delayed luminescence and primig-induced nuclear replication of unaged and controled deteriorated pepper seeds (*Capsicum annum* L.). **Seed Science of tecnology**, v. 26, n.1, p.413-424., [s.l.], 1998. DOI: <https://worldveg.tind.io/record/26719/>.

LÉDO, F. J. S.; SOUSA, J. A.; SILVA, M. R. Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, p. 225-228, [s.l.], 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362000000300017> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/5ts9LghXgjtT9vfVnn5FgB/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 10 nov 2021.

LIMA, L.B. de; MARCOS FILHO, J. Cucumber (*Cucumis sativus*) seed priming methods and germination at different temperatures. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 138-147, [s.l.] , 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100016> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/gP3hpMLzBqrpB38Hys7nD3Q/> Acesso em: 10 nov 2021.

LINDQVIST, K.C. Inheritance studies in lettuce. *Hereditas*, Lund, 387-470, 1960b. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-20210918-211116/publico/ContiJoseHenrique.pdf> Acesso em: 10 nov 2021.

LOUREIRO, M. P. *et al.*. Biofortificação de alimentos: problema ou solução? **Segurança alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 66-84, maio/ago. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/san.v25i2.865230>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8652300> Acesso em: 10 nov 2021.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176177, [s.l.], 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x> Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1017323](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1017323) Acesso em: 10 nov 2021.

MACIEL, G. M., SIQUIEROLI, A. C. S., GALLIS, R. B. A., PEREIRA, L. M., & SALES, V. F. (2019). Programa de computador BG a Biofort. Depositante: Universidade Federal de Uberlândia. BR512019002403-6. Depósito: 01 fev. 2019. Concessão: 23 out. 2019.

MACIEL, G. M.; GALLIS, R. B. A.; BARBOSA, R. L. ; PEREIRA, L. M. ; SIQUIEROLI, A. C. S. ; PEIXOTO, J. V. M. . Image phenotyping of lettuce germplasm with genetically diverse carotenoid levels. **BRAGANTIA**, v. 8, p. 1-12, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190519> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/m8PN3sfYmtmWdwtD3pdZmqj/?lang=en> Acesso em: 10 nov 2021.

MACIEL, G.M. et al. Linhagens avançadas de mini alface biofortificadas com resistência ao nematóide-das-galhas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.15, n.2, p. 1-6, 2020b.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 2, p. 165-169, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000200007> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/QChN4L3Y9nTKkTXJXxJ7HnD/> Acesso em: 10 nov 2021.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: Abrates, 2015. 659p

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Editora Fealq. Piracicaba. 495 p. 2005.

MEDEIROS, F. B. A. de. Produção e qualidade de cultivares de alface americana em função do espaçamento de plantio/Felipe Bruno Araújo de Medeiros – Mossoró, 2015. Disponível em: <https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-2015-FELIPE-BRUNO-ARA%C3%A7O-DE-MEDEIROS.pdf> Acesso em: 10 nov 2021.

MEIADO, M.V.; SILVA, F.F.S.; BARBOSA, D.C.A.; SIQUEIRA-FILHO, J.A. Diásporos da Caatinga: uma revisão. In: SIQUEIRA FILHO, J.A. (Org.). Flora das Caatingas do Rio São Francisco – História Natural e Conservação. Rio do Janeiro: Andrea Jakobsson *Estúdio Editorial*. cap. 9, p. 306-365, 2012. DOI: <https://www.researchgate.net/profile/FabricioSilva14/publication/307594358>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270817492_A_Flora_das_Caatingas_do_Rio_Sao_Francisco Acesso em: 10 dez 2021.

MORAES, C.C. de. Biofortificação agrônômica com zinco em alface. Campinas. 2020.78 fls. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/teses_dissertacoes/pb589816.pdf Acesso em: 10 dez 2021.

MCDONALD, M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, Zürich, v.22, n.3, p.531-539, 1999. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=MCDONALD%2C+M.B.+Seed+deterioration%3A+physiology%2C+repair+and+assessment.+Seed+Science+and+Technoogy%2C+Z%C3%BCrich%2C+v.22%2C+n.3%2C+p.531539%2C+1999.+&btnG Acesso em: 20 nov 2021.

NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J. Circumventing thermodormancy in lettuce. *Acta Horticulturae*, ISHS,1999. 504p. DOI: 10.17660/ActaHortic.1999.504.16 Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.504.16> Acesso em: 10 nov 2021.

NASCIMENTO, W. M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 2, p. 211-214, abr./jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200010> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/SmB9B7ZwqPxsXG75WbfsPgP/?lang=pt> Acesso em: 11 nov 2021.

NASCIMENTO, W. M. Tecnologia de sementes de hortaliças. *Embrapa Hortaliças*. Brasília. 2009. 432 p. Disponível em: <file:///home/aluno/Downloads/TECNOLOGIA-DE-PRODUCAO-DE-SEMENTES-DE-HORTALICAS.pdf> Acesso em: 05 nov 2021.

NASCIMENTO, W. M.; MELO, P. C. T. Desafios e oportunidades na produção de sementes de hortaliças no Brasil. *Seed News*. [s.l.] , Retrieved on Aug. 31, 2020. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/1125-desafios-e-oportunidades-na-producao-de-sementes-de-hortalicas-no-brasil-edicao-maio-2015>. Acesso em: 10 nov 2021.

NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J. Germination of primed lettuce seeds after storage. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, v. 111, p. 96-99, [s.l.], 1998. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/778185/1/ct33.pdf>. Acesso em: 11 nov 2021.

NASCIMENTO, W. N. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. *Horticultura Brasileira* v.16, p.106-109, [s.l.], 1998. DOI:<https://www.scielo.br/j/hb/a/7zB5sqtdYkcN3wz3THPC8XR/?format=pdf&lang=pt> . Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/778185/1/ct33.pdf>. Acesso em: 11 nov 2021.

NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J.; HUBER, D.J. Endo-b-mannanase activity and seed germination of thermosensitive lettuce genotype in response to temperature and seed priming. *HortScience*, v. 33, p. 542, [s.l.], 1998. DOI:10.21273/HORTSCI.33.3.543a. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277753213_Endo-b-mannanase_Activity_and_Seed_Germination_of_Thermosensitive_Lettuce_Genotype_in_Response_to_Temperature_and_Seed_Priming. Acesso em: 10 nov 2021.

NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de hortaliças. *Circular técnica*, Brasília: DF. MAPA/EMBRAPA, DEZEMBRO, 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/778185/condicionamento-osmotico-de-sementes-de-hortalicas> Acesso em: 10 nov 2021.

NASCIMENTO, W.M.; CRODA, M.D.; LOPES, A.C.A. Produção de sementes, qualidade fisiológica e identificação de genótipos de alface termotolerantes. *Revista Brasileira de Sementes*, v.34, p.510-517, [s.l.] , 2012. DOI: 10.1590/S0101-31222012000300020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/sfWKzCgTs9Lxd74gDpQT9cr/> Acesso em: 15 dez 2021.

NASCIMENTO, W. M.; COSTA, C. J. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças. In: Nascimento, W. M. (ed). **Tecnologia de sementes de hortaliças. Embrapa Hortaliças**: Brasília, 2009. 432p. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n44/17384410.html> Acesso em: 01 nov 2021.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface e sua relação com a germinação sob temperaturas adversas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 175-179, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000300021> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/GxTy7XFR5RHHLsXjbzVD67R/abstract/?lang=pt> Acesso em: 10 nov 2021.

NUNES, R. A. et al. Germinação de Sementes de Cultivares de Alface sob Diferentes Temperaturas. 9º FAPEG – **Fórum de ensino, pesquisa e gestão**. Campus Universitário professor Darcy Ribeiro. p.1- 3. Set. 2015. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/12121/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Terminibi%C3%A7%C3%A3o%20em%20sementes%20de%20alface%20em%20fun%C3%A7%C3%A3o%20da%20posi%C3%A7%C3%A3o%20da%20flor%20e%20do%20armazenamento.pdf Acesso em: 09 nov 2021.

OLIVEIRA, C. L.; BRYCHKOVA, G.; ESTEVES-FERREIRA, A. A.; MCKEOWN, P.; GOMES, M. S.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; SPILLANE, C. Thermal disruption of the food matrix of biofortified lettuce varieties modifies absorption of carotenoids by Caco-2 cells, **Food Chemistry**, v. 308, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125443>.

OLIVEIRA, D. F.; CAVASIN, P. Y.; SILVA, S.; OLIVEIRA, N. S.; OLIVEIRA, C. L.; GOMES, L. A. A. Genetic control of thermoinhibition tolerance in lettuce seeds. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, [s.l.] , 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/LCXQ9nMpvjJCjCzyN3hwPCf/?format=pdf&lang=en> Acesso em: 01 nov 2021.

PADASH, A.; SHAHABIVAND, S.; BEHTASH, F.; AGHAEI, A. A practicable method for zinc enrichment in lettuce leaves by the endophyte fungus *Piriformospora indica* under increasing zinc supply. **Scientia Horticulturae**. [s.l.], 2016. 367–372p. DOI: [DOI:10.1016/j.scienta.2016.10.040](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.040) Disponível em: <https://sciexplore.ir/Documents/Details/978-421-173-602> Acesso em: 10 dez 2021.

PESSOA, H. P.; MACHADO JÚNIOR, R. Folhas: Em destaque no cenário nacional, **Revista Campo e Negócios**, 2021. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/folhas-em-destaque-no-cenario-nacional/>. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/11867/TCC%20Adilson%20Antonio%20Rizzon.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 01 dez 2021.

PEREIRA, M.D.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ARAUJO, E.F. Germination and vigor of carrot seeds primed in moistened paper and aerated solution. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 137-145, [s.l.] , 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101->

31222008000200017. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbs/a/CWzbxmr4rtx7zhhkm9WrXFx/> Acesso em: 01 dez 2021.

PILL, W. A. Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality. In: BASRA, A. S. **Seed Quality: basic mechanism and agricultural implications**. Binghamton. NY. The Haworth Press, 1995, cap.10, p.319-359p. DOI:10.4324/9781003075226-10

Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/hb/a/yMFT33MnkZK4z8kDHdhFSmR/?format=pdf&lang=pt>
Acesso em: 01 dez 2021.

POSSE, S.C.P.; DA SILVA, R.F.; VIEIRA H.D. Temperatura de armazenamento e desempenho de sementes hidratadas e osmocondicionadas de pimentão. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.26, n.1, p.38-43, 2004. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cagro/a/xBgfpThyHFtKWqPYD4SSG5m/?format=pdf&lang=pt>
Acesso em: 01 nov 2021.

QUEIROZ, D. A.; CAVASIN, P. Y.; SILVA, S.; CATÃO, H. C. R. M.; OLIVEIRA, C. L. de.; GOMES, L. A. A. Environmental temperature and age of seeds in tolerance to thermoinhibition in lettuce genotypes1. *Revista Ceres*, [s.l.], 2023. 13–22p. DOI:
<https://doi.org/10.1590/0034-737X202370020002>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rceres/a/gdGGy9cRCbFZThvxzddzG4w/> Acesso em: 01 nov 2021.

REIS, R. G. E.; GUIMARÃES, R. M.; PEREIRA, D. S.; CASTRO, M. B.; VIEIRA, A. R.; CARVALHO, M. L. M. Qualidade fisiológica de sementes de berinjela osmocondicionadas submetidas à secagem. *Pesq agropec bras*. [s.l.], 2013. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100012>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/pab/a/8rMBmRGKZPdGJfFL5kzhLky/?lang=pt> Acesso em: 01 dez 2021.

RODRIGUES, D. L.; LOPES, H. M. da Silva.; E. R.; MENEZES, B. R. S. Embebição, condicionamento fisiológico e efeito do hipoclorito de sódio na germinação de sementes de alface. *Revista Tropical: Ciências Agrárias e Biológicas*, [s.l.], 2012. DOI:
<https://doi.org/10.0000/rtcab.v6i1.373>. Disponível em:
<http://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/373> Acesso em: 01 nov 2021.

RODRIGUES, A. P. A. C.; *et. al.* Armazenamento de sementes de salsa osmocondicionadas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.41, n.6, p.978-983, jun, 2011. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000069> Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cr/a/pm59rynPGGfZJXdfRQgb7qD/?lang=pt> Acesso em: 05 nov 2021.

RODRIGUES, D.L.; LOPES, H.M.; SILVA, E.R.; MENEZES, B.R.S. Efeito do armazenamento e do condicionamento fisiológico em sementes de cenoura (*Daucus carota* L.). In: **XVI Congresso Brasileiro de Sementes. Informativo ABRATES**, Londrina. v.19, n.2. 2009. Disponível em:
<http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/544/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20C%20C%20ondicionamento%20f>

siol%C3%B3gico%20e%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20sementes%20de%20girassol.pdf Acesso em: 01 dez 2021.

RUGELES-REYES, S. M.; CECÍLIO-FILHO, A. B.; AGUILAR, M. A. L.; SILVA, P. H. S. Foliar application of zinc in the agronomic biofortification of arugula. *Food Sci. Technol*, Ahead of Print, [s.l.], 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.12318> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/fLQ4TbvYXL5PJ6X79N4XQyb/?lang=en> Acesso em: 20 nov 2021.

RYDER, E.J. Breedin vegetable crops Gainesville, *Vegetable Crops Department*, [s.l.], 1982. 736p. Disponível em: <https://www.horticulturabrasileira.com.br/editor/index.php/HB/help/view/user/topic/000001> Acesso em: 01 dez 2021.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Brasília, DF: *Editora Universidade de Brasília*, 2004. 248 p.

SALA F. C.; COSTA, C. P. ‘Gloriosa’: cultivar de alface americana tropicalizada. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 26, p. 409-410, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000300024> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/FDMbJdfkF5TS58YRp9gkxzn/?lang=pt> Acesso em: 10 dez 2021.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. D. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. *Horticultura brasileira*, v.30, n.2, p.187-194, [s.l.], 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/CBjR93vn5NKt4Z9BLMWWYDJ/> Acesso em: 01 dez 2021.

SIADAT, S.A; MOOSAVI, A.; SHARAFIZADEH, M. Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different aging treatments. *Research Journals of Seed Science*, v.5, n.2, p.51-62, [s.l.], 2012. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=rjss.2012.51.62> Acesso em: 02 nov 2021.

SILVA, J.B.D.; RODRIGUES, T.D.J.D.; VIEIRA, R.D. Desempenho de sementes de soja submetidas a diferentes potenciais osmóticos em polietilenoglicol. *Ciência Rural*, v.36, n.5, p.1634-1637, [s.l.], 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000500047> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/X3VrLbYwn9RVzBsSQHxhw4B/abstract/?lang=pt> Acesso em: 05 dez 2021.

SILVA, J. M. *et al.* Métodos de determinação de clorofila em alface e cebolinha minimamente processadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Hermosillo, v. 8 n. 2, p. 53-59, [s.l.], 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81311221001.pdf> Acesso em: 01 dez 2021.

SILVA, T.A. Condicionamento fisiológico de sementes, componentes de produção e produtividade de soja. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*, [s.l.], 2013. 63p. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/86443/silva_ta_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 20 nov 2021.

SILVA, V. N.; CÍCERO, S. M. Análise de imagens de plântulas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. *Horticultura Brasileira*: Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/ryWQRbV8GyqgCTrRCyv8LkH/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 nov 2021.

SILVA, S. M. C.; MURA, J. D. P. Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia. 2. ed. São Paulo: Roca, 2010. 1256 p. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mis-41254> Acesso em: 10 dez 2021.

SOUZA, S. R. et al. Produção de mudas de alface em sistema floating sob tela de sombreamento e cobertura plástica. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 191-197, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/480> Acesso em: 01 dez 2021.

SUNG, Y.; CANTLIFFE, D.J.; NAGATA, R.T.; NASCIMENTO, W.M. Structural changes in lettuce seed during germination at high temperature altered by genotype, seed maturation temperature, and seed priming. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.133, p.300-311, [s.l.], 2008. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.133.2.300> Disponível em: <https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/133/2/article-p300.xml> Acesso em: 10 dez 2021.

SUNE, A.D.; FRANKE, L.B.; SAMPAIO, T. G. Efeitos do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng.) Vog. *Revista Brasileira de Sementes*, v.24, n.1, p.18-23, Pelotas-RS, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227862/1/CIRCULAR-216-Cpact.pdf> Acesso em: 10 dez 2021.

STEINER, J.J.; OPOKU-BOATENG. Natural season-long and diurnal temperature effects on lettuce seed production and quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.116, p.396-400, [s.l.], 1991. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/vsjY4PTdnDh4yXF5ZqSYqsx/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 01 dez 2021.

SHEORAN, S.; KUMAR, S.; RAMTEKEY, V.; KAR, P.; MEENA, R.S.; JANGIR, C.K. Current Status and Potential of Biofortification to Enhance Crop Nutritional Quality: *An Overview. Sustainability*, v.14, n. 3301, p. 1-29, [s.l.], 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14063301> Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3301> Acesso em: 10 dez 2021.

TAVEIRA, M. H. et. al.,. Produção de sementes de alface. Lavras: Ed. do autor. 2018. 21p.:il. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/29303/1/CARTILHA_Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20sementes%20de%20alface.pdf Acesso em: 01 dez 2021.

TAKATA, W.; SILVA, E. G.; CORSATO, J. M.; FERREIRA, G. Germinação de sementes de romãzeiras (*Punica granatum* L.) de acordo com a concentração de giberelina. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 254–260p., [s.l.], 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-269/13>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/84YjhDLWb9GXg5WwpGTG5Kq/> Acesso em: 10 dez 2021.

TAYLOR, A.G.; BENNET, A.M.; BRADFORD, K.J.; BURRIS, J.S.; MISRA, M.K. Seeds enhancements. *Seed Science Research*, v. 8, p254-256, [s.l.], 1998. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258500004141>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/abs/seed-enhancements/738B47B10C1C1B12C3D14D42E0B0A6C8> Acesso em: 01 dez 2021.

THOMPSON, P.A.; COX, S.A.; SANDERSON, R.H. Characterization of the germination responses to temperature of lettuce (*Lactuca sativa* L.) achenes. *Annals of Botany*, v. 43, p. 319-334, [s.l.], 1979. Disponível em: http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol9-2/ARTIGO_8_RCAA_v9n2a2011.pdf Acesso em: 10 dez 2021.

VARIER, A.; VARI, A. K.; DADLANI, M. The subcellular basis of seed priming. *Current Science*, 99(4), 450-456., [s.l.], 2010. DOI: <http://www.jstor.org/stable/24109568> Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntv-nsjt1aadkposzje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2255521](https://www.scirp.org/(S(351jmbntv-nsjt1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2255521) Acesso em: 01 dez 2021.

VERTUCCI, C. W.; FARRANT, J. M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. ed. *Seed development and germination*. New York: M. Dekker, 1995. p.237-271. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/HMzdwywqXMZfF7tXJKcjdGB/?lang=en> Acesso em: 01 dez 2021.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, n. 11-12, p. 1957-1968, [s.l.], 1991. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/106202> Acesso em: 05 dez 2021.

VIGGIANO, J. Produção de sementes de alface. In: CASTELLANE, P.D.; NICOLOSI, W.M.; HASE- GAWA, M. *Produção de sementes hortaliças*. Jaboticabal: FUNEP, 1990. p.1-13. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/xtJmDR9SKvt3x6Zrp6cpfrk/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 nov 2021.

YOONG, F. Y.; O'BRIEN, L. K.; TRUCO, M. J.; HUO, H.; SIDEMAN, R.; HAYES, R.; MICHELMORE, R. W.; BRADFORD, K. J. Genetic variation for thermotolerance in lettuce seed germination is associated with temperature-sensitive regulation of ethylene response factor1 (ERF1). *Plant Physiol.* [s.l.], 2016, 472–488p. DOI: 10.1104/pp.15.01251. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26574598/> Acesso em: 05 dez 2021.

WANG, Q. W.; BIN, Y. S.; , ZHI, J. D.; YUE, W.; SHU, J. L.; IAN, M. M , SONG, Q. S. Proteomic Analysis of Lettuce Seed Germination and Thermoinhibition by Sampling of Individual Seeds at Germination and Removal of Storage Proteins by Polyethylene Glycol Fractionation. *Plant Physiology*, v. 167, n. 4, [s.l.], 2015. DOI: 10.1104/pp.15.00045. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25736209/> Acesso em: 05 dez 2021.

WEGES, R.; KARSSSEN, C. M. The influence of redesciccation on dormancy and K⁺ leakage of primed lettuce seeds. Israel *Journal of Botany*, Jerusalém, v. 39, n. 4/6, p. 327-336, 1990. Disponível em: <https://www.wur.nl/nl/publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-3131343032> Acesso em: 12 nov 2021.

WELBAUM, G.E.; SHEN, Z.; OLUOCH, M.O.; JETT, L.W. The evolution and effects of priming vegetable seeds. *Seed Technology*, v.20, n.2, p.209-235, [s.l.], 1998. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/23433024> Acesso em:25 nov 2021.

WHITAKER, T.W. ; RYDER, E.J. Lettuce production in the United States. Washington, USDA, 1974. 43p. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB1004.pdf Acesso em: 10 nov 2021.

WHITE, P. J; BROADLEY, M. R. Physiological limits to zinc biofortification of edible crops. *Frontiers in Plant Science*, v. 2, 1-1, [s.l.], 2011. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2011.00080> Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2011.00080/full> Acesso em: 10 nov 2021.

WHITE, P. J.; PONGRAC, P.; SNEDDON, C. C.; THOMPSON, J. A.; WRIGTH, G. Limits to the biofortification of leafy Brassicas with zinc. *Agriculture*, [s.l.] , 2018. 2-14p.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture8030032>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/8/3/32> Acesso em: 15 nov 2021.