

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL - PGATR**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA, TEOR E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS
DE SEMENTES DE SACHA-INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) EM FUNÇÃO
DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

FRANCISCO PACHECO JÚNIOR

**MANAUS, AM
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL - PGATR**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA, TEOR E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS
DE SEMENTES DE SACHA-INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) EM FUNÇÃO
DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

FRANCISCO PACHECO JÚNIOR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Dr. Francisco Célio M. Chaves

Co-orientador: Dr. Rodney A. F. Rodrigues

**MANAUS, AM
2019**

P116q Pacheco Júnior, Francisco
Qualidade fisiológica, teor e composição de ácidos graxos de sementes de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) em função das condições de armazenamento / Francisco Pacheco Júnior. 2019 99 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Francisco Célio Maia Chaves
Coorientador: Rodney Alexandre Ferreira Rodrigues
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. vigor. 2. deterioração. 3. cromatografia gasosa. 4. potencial fisiológico. I. Chaves, Francisco Célio Maia II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

FRANCISCO PACHECO JÚNIOR

QUALIDADE FISIOLÓGICA, TEOR E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DE SEMENTES DE SACHA-INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

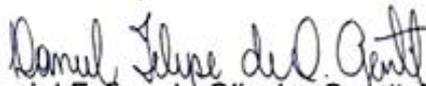
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovada em 12 de dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA



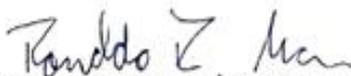
Francisco Célio Maia Chaves, Presidente
Embrapa Amazônia Ocidental



Daniel Felipe de Oliveira Gentil, Membro
Universidade Federal do Amazonas



Nazareno de Pina Braga, Membro
Universidade Federal do Amazonas



Ronaldo Ribeiro de Moraes, Membro
Embrapa Amazônia Ocidental



Aline Ellen Duarte de Souza, Membro
Universidade Federal do Amazonas

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por todas as coisas que aconteceram durante esse período de lutas e vitórias, e a dádiva de uma vida com saúde, bênçãos e graças. Aos meus pais Francisco e Maria pelo amor, carinho, incentivo, suporte e paciência direcionados a mim por todos esses anos.

À Universidade Federal do Amazonas – UFAM pela oportunidade de realização do Doutorado, em especial aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, pelos conhecimentos repassados. Ao Prof. Dr. Nazareno de Pina Braga por ceder o Laboratório de Controle de Qualidade para a realização das análises de lipídios, e aos técnicos de laboratório Samuel e Adriel pelo auxílio nos trabalhos em laboratório. À Prof^a, Dr^a. Ariane Mendonça Kluczkovski por ceder o Núcleo de Composição e Toxicologia de Alimentos (NECTA) para realização das análises de bromatologia, e a Msc. Tamires pela amizade e parceria nos trabalhos em laboratório.

À Universidade de Campinas - UNICAMP, ao Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas – CPQBA, pelo apoio na realização em parte dos experimentos que compõe essa tese. Ao Prof. Dr. Rodney Alexandre F. Rodrigues pela receptividade, carinho e atenção durante nossa parceria, além de ter sido fundamental para realização desse trabalho ao ceder o espaço de seu laboratório para a realização das análises dos ácidos graxos, e a Dr^a. Angela Flores pela amizade e parceria nos trabalhos em laboratório.

À Embrapa Amazônia Ocidental, em especial aos técnicos de campo e a equipe de laboratório, ligados ao laboratório de Plantas Medicinais e Fitoquímica, pelo apoio, orientações, conversas e risos. Ao Jaisson Oka pela parceria e auxílio com as análises estatísticas e ao Pesquisador Rodrigo pela contribuição com a condução do experimento. Ao Biólogo João Monteiro que participou das coletas das sementes, da instalação e da avaliação do experimento. Ao laboratório de Piscicultura, nas pessoas de Claudia e Irani que

foram solícitas e atenciosas. Ao laboratório de Sementes em ceder à câmara fria para o armazenamento das sementes utilizadas no experimento. Ao laboratório de Análises de Solos e Plantas na realização das análises dos minerais de frutos e sementes de sachá-inchi.

Agradeço também, aos amigos que foram importantes nessa jornada como Anelena Carvalho que foi a força inicial na minha tomada de decisão para cursar o doutorado. À Sâmara e ao Davi que foram solícitos e acolhedores em minha chegada à Manaus. À Luciane Silva que foi um braço forte e receptivo para vencer algumas dificuldades. Ao Marcelo Pissurno pela amizade e companheirismo quando nossas vidas caminharam juntas.

Além de amigos que foram fundamentais para a minha saúde e bem estar emocional. Que o nome de vocês fique aqui para sempre registrado: Monica Adegas, Aline Sousa, Bruno Caetete, Dora Bernardes, Giulliana Appel, Danilo Cordeiro, Amanda Picelli, Igor Kaefer, Rubana Palhares, Luciana Negro, Jamile Pinheiro.

E um agradecimento muito especial para Patrícia Castro pela grande amizade e generosidade em me convidar para morar em sua casa, dando força e me ajudando a vencer o peso do doutorado quando começou a me derrubar. E, também, ao meu orientador Francisco Célio que é uma pessoa de grande coração e generosidade, que foi o suporte financeiro para a realização dos experimentos, além de ser uma pessoa de luz, me amparando em momentos difíceis.

Á todos os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

A sachá-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) possui sementes ricas em ácidos graxos do tipo ômega 3, 6 e 9, o que lhe atribui grande potencial para a indústria. Mesmo assim, ainda é deficiente o conhecimento sobre os tipos de embalagens e as condições de armazenamento de suas sementes. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica, a composição e o teor de ácidos graxos das sementes de sachá-inchi em função do ambiente, da embalagem e do tempo de armazenamento. As sementes foram embaladas em saco de fibra de ráfia, em saco de polietileno a vácuo e em embalagem de vidro, e armazenadas em câmara fria e no galpão. As análises foram realizadas a cada três meses pelo período de 18 meses. O potencial fisiológico foi determinado através do teste de germinação, do índice de velocidade de germinação, do teste de condutividade elétrica, do teste de emergência, do índice de velocidade de emergência e da massa de matéria seca de plântulas. A extração de lipídio foi em aparelho tipo soxlet e a análise da composição e do teor de ácidos graxos foi determinada por cromatografia gasosa. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial de 2 x 3 x 7 (ambiente x embalagem x período de armazenamento) e parcelas subdivididas. Com o programa SISVAR, as médias foram comparadas por teste de Tukey a 5% e, quando ocorreu interação significativa, foram utilizadas equações de regressão. No ambiente de câmara fria as três embalagens utilizadas (saco de fibra, polietileno a vácuo e vidro) mantiveram a qualidade fisiológica das sementes por 18 meses de armazenamento. No ambiente de galpão apenas a embalagem de vidro foi favorável ao armazenamento por até 12 meses. O teor de óleo das sementes de sachá-inchi diminuiu ao longo do armazenamento em todos os ambientes e embalagens. Na composição de ácidos graxos das sementes de sachá-inchi ocorreu redução do ácido graxo α -linolênico e aumento dos ácidos graxos linoleico, oleico, palmítico, esteárico e eláidico. A redução do ácido α -linolênico contribuiu para a redução da qualidade fisiológica, da viabilidade e do vigor das sementes de sachá-inchi durante os 18 meses de armazenamento.

Palavras-chave: potencial fisiológico, vigor, deterioração, cromatografia gasosa.

ABSTRACT

Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) has seeds rich in omega 3, 6 and 9 fatty acids, which gives it great potential for the industry. Even so, knowledge about the types of packaging and the storage conditions of its seeds is still deficient. Thus, the objective of this work was to evaluate the physiological quality, composition and fatty acid content of sachá-inchi seeds as a function of the environment, packaging and storage time. The seeds were packed in a raffia fiber bag, in a vacuum polyethylene bag and in a glass package, and stored in a cold chamber and in the shed. The analyzes were performed every three months for the period of 18 months. The physiological potential was determined through the germination test, the germination speed index, the electrical conductivity test, the emergency test, the emergency speed index and the seedling dry matter mass. The lipid extraction was performed using a soxlet apparatus and the analysis of the composition and fatty acid content was determined by gas chromatography. The experimental design used was completely randomized, in a 2 x 3 x 7 factorial scheme (environment x packaging x storage period) and subdivided plots. With the SISVAR program, the averages were compared by Tukey's test at 5% and, when significant interaction occurred, regression equations were used. In the cold room environment, the three packages used (fiber bag, vacuum polyethylene and glass) maintained the physiological quality of the seeds for 18 months of storage. In the shed environment, only the glass packaging was favorable for storage for up to 12 months. The oil content of sachá-inchi seeds decreased during storage in all environments and packaging. In the fatty acid composition of sachá-inchi seeds, there was a reduction in linolenic fatty acid and an increase in linoleic, oleic, palmitic, stearic and elaidic fatty acids. The reduction of α -linolenic acid contributes to the reduction of the physiological quality, viability and vigor of sachá-inchi seeds during the 18 months of storage.

Keywords: physiological potential, vigor, deterioration, gas chromatography.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Aspectos da cultura de sachá-inchi: (A) plantas; (B) e (C) desenvolvimento do fruto; (D) fruto seco; (E) sementes.....20
- Figura 2 - A) Detalhes da planta de *Plukenetia volubilis*: trepadeira; B) Pistilo da flor; C) Flor estaminada de *P.volubilis* com 16 a 30 estames robustos e cônicos de 0,4 a 0,5 mm de comprimento e 4 sépalas; D) Cápsula seca do fruto tetralocado; E) Semente em vista ventral; F) Semente em vista lateral. Adaptado de Gillespie (1993).....21
- Figura 3 - Estrutura do ácido oleico, ácido linoleico e do ácido α -linolênico (ROSE; CONNOLLY, 1999).....41
- Figura 4 - Embalagens utilizadas no armazenamento das sementes de sachá-inchi.....45
- Figura 5 - Temperaturas máxima, mínima e média do galpão de armazenamento das sementes de sachá-inchi, no período de dezembro/2016 a maio/2018. Manaus, AM.....52
- Figura 6 – Umidades relativas máxima, mínima e média, no armazenamento das sementes de sachá-inchi no período de dezembro/2016 a maio/2018. Manaus, AM.....52
- Figura 7 – Grau de umidade (%) das sementes de sachá-inchi em função do ambiente câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....53
- Figura 8 – Germinação (%) de sementes (A); Índice de velocidade de germinação (B) de sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de câmara fria nas embalagens de saco de fibra (SF), polietileno a vácuo (VC) e vidro (VD). Manaus, AM.....58
- Figura 9 – Germinação (%) de sementes (A); Índice de velocidade de germinação (B) de sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de galpão. PD – testemunha, SF- saco de fibra, VC - polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....59

- Figura 10 – Emergência (%) das sementes (A); Índice de velocidade de emergência das plântulas (B) das sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de câmara fria nas embalagens de saco de fibra (SF), polietileno a vácuo (VC) e vidro (VD). Manaus, AM.....62
- Figura 11 – Emergência (%) das sementes (A); Índice de velocidade de emergência das plântulas (B) das sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de galpão. PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.63
- Figura 12 – Massa seca das plântulas de sachá-inchi provenientes do teste de germinação das sementes armazenadas em ambiente de câmara fria (A) e galpão (B). PD – testemunha, SF- saco de fibra, VC - polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....65
- Figura 13 – Condutividade elétrica em sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de câmara fria (A) e de galpão (B) nas embalagens de saco de fibra (SF), polietileno a vácuo (VC) e vidro (VD). Manaus, AM.....67
- Figura 14 – Teor de óleo (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de câmara fria (A) e de galpão (B), em embalagens de saco de fibra (SF), polietileno a vácuo (VC) e vidro (VD). Manaus, AM.....70
- Figura 15 – Teor de ácido α -linolênico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....76
- Figura 16 – Teor de ácido linoleico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....78
- Figura 17 – Teor de ácido oleico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....80

- Figura 18 – Teor de ácido palmítico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....83
- Figura 19 – Teor de ácido esteárico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....85
- Figura 20 – Teor de ácido elaídico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.....87

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Perfil geral dos ácidos graxos e seus teores em sementes de sachinchi não armazenadas.....76
- Tabela 2 – Perfil geral dos ácidos graxos e seus teores em sementes de *Plukenetia volubilis* e outras oleaginosas.....77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Caracterização da espécie.....	18
2.2 Importância da espécie <i>Plukenetia volubilis</i>	22
2.3 Germinação de sementes.....	24
2.4 Deterioração de sementes.....	26
2.5 Armazenamento de sementes.....	28
2.6 Embalagem no armazenamento de sementes.....	31
2.7 Avaliação da qualidade fisiológica de sementes.....	34
2.8 Composição química de sementes.....	38
3 OBJETIVOS.....	42
3.1 Objetivo geral.....	42
3.2 Objetivos específicos.....	42
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4. 1 Obtenção das sementes.....	43
4.2 Instalação do experimento.....	44
4.3 Avaliações.....	45
4.4.1 Qualidade fisiológica das sementes.....	45
4.4.2 Composição e teor dos ácidos graxos por cromatografia gasosa.....	48
4.5 Análise estatística do experimento.....	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1 Qualidade fisiológica das sementes de sachá-inchi no armazenamento....	68

5.2 Teor de óleo nas sementes de sachá-inchi no armazenamento.....	72
5.3 Quantificação dos ácidos graxos em sementes de sachá-inchi armazenadas.....	75
6 CONCLUSÕES.....	90
7 REFERÊNCIAS.....	91

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é a maior reserva de biodiversidade do mundo e o maior bioma do Brasil, ocupando quase metade do território nacional (49,29%), com uma extensão superior a seis milhões de quilômetros quadrados (BRASIL, 2009a). Esse bioma conta com aproximadamente 14.003 espécies vegetais, o que compreende cerca de 26% das espécies das florestas tropicais e 10% de todas as espécies de plantas do planeta (BRASIL, 2010; CARDOSO et al., 2017). Grande parte dessa biodiversidade possui potencial biotecnológico, que pode ser usada como matéria-prima pela indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética (BRASIL, 2012).

A sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.), é um exemplo de espécie com potencial biotecnológico, devido o óleo de suas sementes ser rico em ácidos graxos insaturados do tipo ômega 3, 6 e 9 (HAMAKER et al., 1992). O ômega-9 não é classificado como essencial por ser metabolizado pelos humanos, mas, o ômega-3 e o ômega-6 não são metabolizados, sendo essencial que estejam presentes na alimentação. Esses ácidos graxos insaturados são benéficos à saúde, por possibilitar a redução das agregações das plaquetas dos triglicerídeos nas artérias, fornecendo proteção contra doenças cardiovasculares (MARTIN et al., 2006). Segundo Harris et al. (2004), uma alimentação rica em ômega-3 pode reduzir em até 45% a morte cardíaca súbita em seres humanos, que é provocada por distúrbios vasculares.

Os ácidos graxos insaturados são os compostos que conferem potencial econômico as sementes de sacha-inchi; todavia, são responsáveis por reduzir o potencial de armazenamento das sementes. Essa redução é devido à instabilidade da cadeia química destes ácidos graxos, devido à dupla ligação existente entre carbonos, que pode provocar degeneração das membranas celulares, acarretando

em redução da qualidade fisiológica das sementes de oleaginosas. A manutenção da qualidade fisiológica de sementes é diretamente impactada pela embalagem, tempo e ambiente de armazenamento, que acumulam prejuízos fisiológicos resultando na redução do poder germinativo e do vigor (COSTA; ZAGONEL, 2009; WARNER; FEHR, 2008; MARCOS-FILHO, 2015).

A embalagem protege as sementes contra umidade do ambiente, dos insetos, dos roedores, dos danos no manuseio, além de facilitar a identificação, comercialização e transporte (AZEREDO et al., 2005). Ao se escolher a embalagem a ser utilizada, deve ser considerado as condições climáticas nas quais as sementes permanecerão armazenadas, pois a deterioração pode ser facilitada devido às características dos recipientes. Existem embalagens que não oferecem resistência às trocas gasosas entre o ambiente externo e as sementes, outras oferecem alguma resistência, e as que impedem a interação entre as sementes e o ambiente externo, de forma a preservar sua longevidade (MARCOS-FILHO, 2015).

A longevidade das sementes varia de acordo com o genótipo, mas o período de conservação da qualidade fisiológica depende das condições do ambiente de armazenamento. Ambientes com alta temperatura e umidade afetam a velocidade das reações químicas acelerando a respiração e o acréscimo de substâncias características da deterioração. Assim, a redução da temperatura e da umidade pode reduzir o grau de prejuízo nas sementes, beneficiando a sua conservação e pode aumentar o seu tempo de armazenamento (CHIRINOS et al., 2009).

O tempo que uma semente permanece viável durante o armazenamento é o somatório das condições a que estão submetidas, podendo favorecer ou reduzir as transformações bioquímicas. Quanto maior o tempo de armazenamento das sementes, maior a possibilidade de haver modificação na composição dos

carboidratos, dos lipídios e das proteínas devido à ação de enzimas que promovem a deterioração (WILSON JÚNIOR; MCDONALD JÚNIOR, 1986). Esse conhecimento prévio é fundamental para a tomada de decisão do mercado sementeiro, de forma a assegurar a qualidade desse insumo, que é indispensável ao agronegócio.

O Brasil é um grande produtor de sementes, entre as quais, das 19 espécies mais produzidas cinco são de oleaginosas, a principal é a soja, mas também aparecem na lista sementes de algodão, de amendoim, de girassol e de mamona (MAPA, 2019). Na safra de 2017/2018, a produção de semente dessas cinco espécies de oleaginosas somou mais de 8,3 milhões de toneladas. Além de atender ao mercado interno, essas sementes também são exportadas para países como Paraguai, Colômbia, Estados Unidos, Argentina, Bolívia e México, que, na safra 2017/2018, somaram mais de U\$\$ 9 milhões em exportações (ANUÁRIO BRASILEIRO DE SEMENTES, 2019).

Toda a cadeia de produção e de exportação de sementes demanda uma grande estrutura para assegurar a qualidade deste insumo. Dessa forma, o MAPA possui registrados 2200 produtores de sementes, 1000 armazenadores e 161 laboratórios de análise de sementes, que seguem rigorosos protocolos, visando à obtenção e a conservação da qualidade dessas sementes. Essa preocupação motivou, no ano de 2018/2019, a revisão do Decreto nº 5153/2014, que regulamenta a Lei de sementes e mudas, buscando reforçar as garantidas da qualidade das sementes e mudas disponibilizadas no Brasil (ANUÁRIO BRASILEIRO DE SEMENTES, 2019).

A revisão de normas e diretrizes visa à formulação de um programa consistente para o controle de qualidade de sementes utilizando procedimentos que possibilitem avanços tecnológicos às práticas de manejo. Assim, esses avanços

minimizam possíveis atrasos na emergência de plântulas que afetam o ciclo da cultura, além da possibilidade de ocorrer à coincidência entre clima desfavorável e os estádios críticos de desenvolvimento, que resultam em produção de sementes mal formadas e prejuízo para o mercado.

Sobre o padrão de qualidade das sementes comercializadas, a instrução normativa MAPA Nº 45/2013 estabelece, entre outros critérios, a germinação (%) que as sementes comercializadas devem atender. Neste documento está registrado que a germinação mínima de uma semente comercializada deve ser de 80%, além de padrões de identidade e qualidade para a comercialização.

Desta forma, existe a necessidade de estudos que identifiquem as melhores condições de armazenamento das sementes e tipos de embalagem, principalmente para espécies com potencial de mercado e com poucas referências na literatura, como a sachá-inchi. Pesquisas sobre a conservação da qualidade fisiológica e a estabilidade dos ácidos graxos das sementes, são fundamentais, particularmente na Amazônia, que possui o clima com elevada temperatura e alta umidade relativa do ar que favorecem a deterioração das sementes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da espécie

A espécie *Plukenetia volubilis*, pertencente à família Euphorbiaceae, é nativa da Amazônia peruana, onde foi cultivada durante séculos pelas populações indígenas. No Brasil, ela ocorre no noroeste da bacia amazônica e se estende por outros países da América latina, como Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela e o México, onde recebe diversos nomes populares, como amendoim-inca, amendoim-selvagem, amendoim-da-amazônia, amêndoa-lopo e sacha-inchi (HAMAKER et al., 1992; GUILLÉN et al., 2003; KRIVANKOVA et al., 2012; GUTIÉRREZ et al., 2011; FLORA DO BRASIL, 2019).

As principais características botânicas do gênero *Plukenetia* são: plantas dióicas, sem látex, folhas simples, alternadas, serrilhadas, com glândulas elípticas na base do feixe vascular, com nervuras palmadas ou pinadas e estípulas pequenas (GILLESPIE, 1993; GILLESPIE, 2007). A sacha é uma planta trepadeira, semi-lenhosa, caule volúvel, de desenvolvimento vigoroso, rápido e indeterminado (Figuras 1A e 2A). As folhas são alternas, espiraladas, cordadas, de 9 a 14 cm de comprimento e 5 a 10 cm de largura; as nervuras nascem na base, com nervura central digitada para o vértice; lamina adaxial verde-escuro, abaxial verde-claro, apresentam ápice foliar acuminado, com base plana ou semi-arredondada. Os pecíolos possuem arestas recobertas por indumentos brancos (GILLESPIE, 1993; RAMÍREZ et al., 2000 e GILLESPIE, 2007).

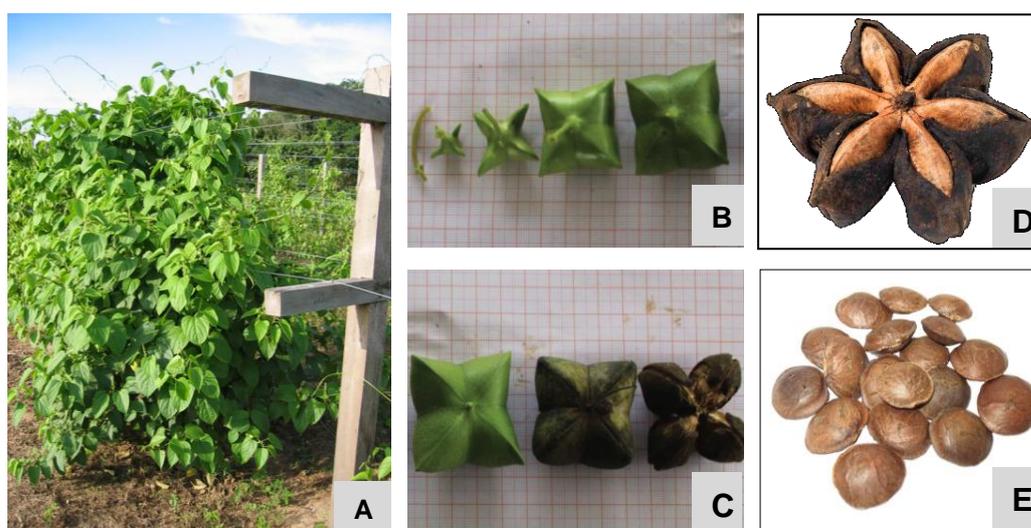
A espécie possui inflorescência disposta em racemo com 2 a 8 cm de comprimento, localizada na axila foliar, com brotos distribuídos em 4 a 15 cachos alternos e cruzados, com dois tipos de flores. As flores masculinas são pequenas, esbranquiçadas, dispostas em racimos, pediceladas, 4 a 5 pétalas, dialipétalas,

actnomorfas, com 17 a 19 estames, polistêmone. As flores femininas, em geral, estão localizadas na base das inflorescências, mas podem ocorrer no pecíolo foliar e são na maioria dos casos solitárias e podem surgir duas ou mais flores; possuem ovário súpero com 4 a 7 lóculos (CÉSPEDES, 2006; FOLLEGATTI-ROMERO, 2009). Silva et al. (2013) descreve que a fase reprodutiva da sachá-inchi é de 86 dias.

Após a polinização o fruto leva 40 dias para atingir seu tamanho final e mais 105 dias para atingir a maturidade, e essa fase pode ser dividida em três estágios principais: no primeiro momento ocorre rápido ganho de tamanho; o segundo estágio ocorre intenso ganho de peso fresco; o terceiro estágio ocorre perda de peso fresco e leve ganho de peso seco. Esses frutos possuem cápsulas de 3 a 5 cm de diâmetro, tem cor verde quando imaturo e castanho-escuro quando maduros, normalmente, têm 4 lóculos, mas pode ocorrer 4 a 7 cápsulas (Figura 2D) (CÉSPEDES, 2006; FOLLEGATTI-ROMERO, 2009; CAI, 2011). Em trabalho realizado em Manaus-AM, descrevem frutos com três a sete lóculos, com predominância de frutos com quatro lóculos (SILVA et al., 2013). Os frutos são deiscentes, ou seja, lançam suas sementes no ambiente através da forte abertura dos lóculos (CÉSPEDES, 2006).

As sementes possuem formato lenticular de 1,5 a 2,0 cm de diâmetro, ligeiramente levantadas no centro e achatadas nas bordas com coloração marrom escuro (Figuras 1E, 2E e 2F). Cada semente ocupa um lóculo por fruto, mas pode ocorrer lóculos com sementes atrofiadas, sementes vazias e ausência de sementes. O peso de cada semente pode variar de 0,8 a 1,4g com percentual de 33 a 35% de tegumento e 65 a 67% de endosperma com embrião (CÉSPEDES, 2006; FOLLEGATTI-ROMERO, 2009; CAI, 2011). O principal conteúdo do seu endosperma são os lipídios, que tem sua síntese iniciada aos 55 dias e vai até os 145 dias, que é dividida em duas fases: o período inicial vai de 55 a 105 dias; e o período posterior que se estende até 145 dias após a polinização (NIU et al., 2014).

Silva et al. (2013) também descrevem sobre os principais componentes da casca do fruto, do tegumento e da amêndoa da semente, respectivamente: umidade (11,65%; 8,34% e 4,59 %), atividade de água (0,57; 0,63 e 0,67), lipídios (0,87%, 0,55% e 55,95%), proteínas (4,2%, 4,2% e 23,5%), carboidratos (22%, 77,28% e 66,07%), cinzas (6,46%, 1,4% e 2,49%) e fibras (2,1%, 7,6% e 10,2%). Com relação a presença de macro (em g.kg⁻¹) e micro (mg.kg⁻¹) nutrientes relatam: cascas (N – 6,24; P – 1,41; K – 23,50; Ca – 2,22; Mg – 1,27; S – 0,66 e B - 17,56; Cu – 10,32; Fe – 217,03; Mn – 8,35; Zn – 20,35; tegumento (N – 6,38; P – 0,18; K – 3,6; Ca – 1,87; Mg – 0,83; S – 0,25 e B – 16,09; Cu – 54,74; Fe – 5737; Mn – 7,87; Zn – 32,20) e amêndoa (N – 45,72; P – 4,31; K – 5,01; Ca – 1,33; Mg – 2,35; S – 2,42 e B – 9,80; Cu – 53,90; Fe – 37,24; Mn – 4,78 e Zn – 40,45) (SILVA et al, 2009).



Fonte: (A) <http://tropical.theferns.info/Plukenetia>
(B) e (C) Francisco C. M. Chaves.
(D) e (E) Acervo pessoal.

Figura 1 - Aspectos da sachá-inchi: (A) plantas; (B) e (C) desenvolvimento do fruto; (D) fruto seco; (E) sementes.

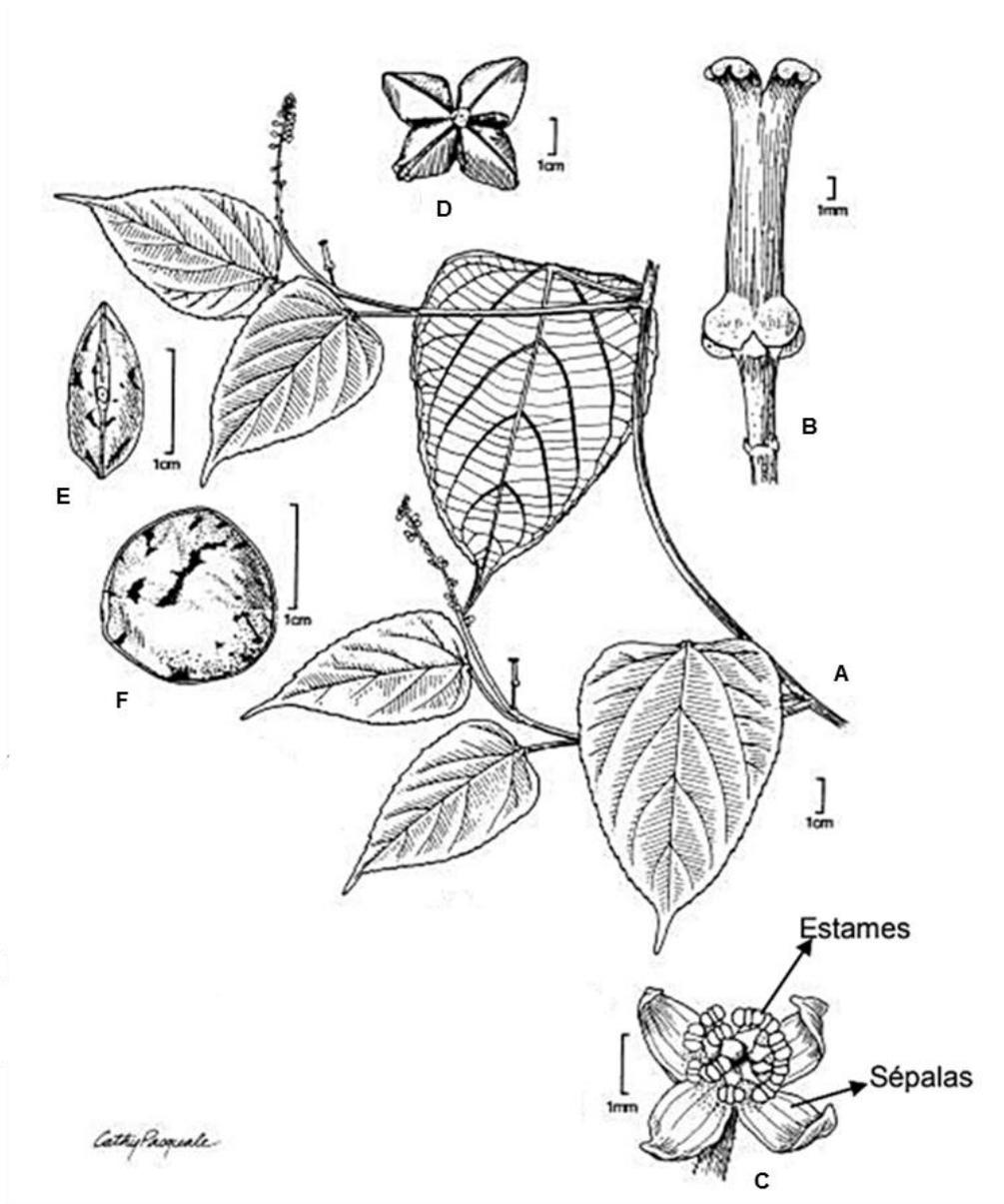


Figura 2 - A) Detalhes da planta de *Plukenetia volubilis*: trepadeira; B) Pistilo da flor; C) Flor estaminada de *P.volubilis* com 16 a 30 estames robustos e cônicos de 0,4 a 0,5 mm de comprimento e 4 sépalas; D) Cápsula seca do fruto tetralocado; E) Semente em vista ventral; F) Semente em vista lateral. Adaptado de Gillespie (1993).

2.2 Importância da espécie *Plukenetia volubilis*

A importância econômica da sacha-inchi está nas características de suas sementes por conter compostos bioativos, por ser considerada uma boa fonte de proteínas e, principalmente, por possuir altos níveis de lipídios ricos em ácidos graxos insaturados, que atuam na prevenção de doenças cardiovasculares (MARTIN et al., 2006). Esses fatores atribuem grande potencial para sua aplicação na indústria alimentar, farmacêutica e cosmética (KRIVANKOVA et al., 2012).

Os compostos bioativos são considerados promotores da saúde, sendo atribuídos diversos benefícios. Os fitoesteróis reduzem o colesterol do sangue e diminuem o risco de determinados tipos de câncer (LAGARDA et al., 2006; MOREAU et al., 2002). Os tocoferóis têm propriedades de vitamina E que exibem forte atividade antioxidante, protegendo contra a peroxidação lipídica nos tecidos (HOUNSOME et al., 2008). E também, os carotenóides e os compostos fenólicos que contribuem com diversas funções biológicas, devido sua atividade antioxidante (HUANG et al., 2005; KRINSKY; JOHNSON, 2005).

As proteínas são importantes componentes dessas sementes, representando 27% do conteúdo do seu endosperma e, destes, aproximadamente 42% correspondem ao grupo dos aminoácidos essenciais. Essa categoria de aminoácidos não é sintetizada pelo organismo humano, havendo a necessidade de sua ingestão através da alimentação, pois eles desempenham funções importantes no organismo e são relevantes promotores da saúde (HAMAKER et al., 1992).

O grupo dos aminoácidos essenciais é composto por nove aminoácidos e, destes, oito são encontrados nessas sementes, como a leucina, a isoleucina e a valina que desempenham funções importantes no aumento de proteínas e atuam

como fonte de energia. A lisina ajuda o organismo a absorver o cálcio, além de participar da formação de hormônios do crescimento e do colágeno. A metionina que é essencial na produção de substâncias necessárias à resposta imunológica, além de fazer parte da formação da queratina. A fenilalanina usada na produção de outros aminoácidos. A treonina equilibra os níveis de proteínas no organismo e contribui para a formação da elastina e do colágeno. Já o triptofano tem como principal função participar da síntese da serotonina, que é um importante hormônio que atua na regulação do sono, ritmo cardíaco e funções intelectuais (MARCHINI et al., 2016; FOOD, 2014).

Os lipídios são os principais compostos das sementes de sacha-inchi, correspondem aproximadamente a 56% do conteúdo do endosperma e possuem altos níveis de ácidos graxos poli-insaturados, do tipo α -linolênico (ômega-3) e linoleico (ômega-6) podendo chegar a 45% e 35%, respectivamente (HAMAKER et al., 1992). Eles são considerados essenciais, pois não são sintetizados pelo organismo humano, havendo necessidade de sua ingestão. A partir destes, são sintetizados outros ácidos graxos poli-insaturados de fundamental importância para o corpo humano, como o ácido araquidônico, ácido eicosapentaenoico e o ácido docosahexaenóico (PERINI et al., 2010).

Segundo Martin et al. (2006), a ingestão desses ácidos graxos é importante por reduzir agregações das plaquetas e dos triglicerídeos, fornecendo proteção contra doenças cardiovasculares. Pesquisas de prevenção sugerem que a suplementação com 1,0 g/dia de ômega-3, pode reduzir o risco de morte por doenças coronárias em 25% e em até 45% por morte cardíaca súbita (HARRIS et al., 2004).

As características do óleo das sementes de sachá-inchi vêm impulsionando a sua exportação. No ano de 2013, a União Europeia aprovou aumento da porcentagem do óleo de sachá-inchi para os produtos alimentícios, fazendo a demanda desse setor superar a do setor de cosméticos. Além da Europa, também há um crescimento da importação desse óleo nos Estados Unidos e na Ásia, o que tem estimulado o aumento das áreas de cultivo desta espécie (CBI, 2018).

Atualmente, o Peru é o maior exportador do produto, seguido pelo Equador e pela Colômbia, que vem se destacando no mercado internacional. Devido à crescente demanda do óleo de sachá-inchi, países do sudeste asiático iniciaram o cultivo dessa planta em escala comercial. Empresas como a *Nathan Trading Co.*, *Mai Savanh Lao* e *Zenda Life*, estão produzindo sementes e óleos de sachá-inchi na China, em Mianmar, no Laos e na Tailândia (CBI, 2018).

Apesar do grande investimento das empresas do sudeste asiático para competir no mercado europeu, este mercado está interessado na matéria-prima proveniente da América Latina, por ser o centro de origem e de diversidade genética da espécie (CBI, 2018). Deste modo, todo esse movimento econômico têm incentivado a produção de sachá-inchi, aumentando o seu cultivo, o que vem exigindo sementes de qualidade com altos níveis de germinação e vigor.

2.3 Germinação de sementes

A germinação representa uma manifestação fisiológica essencial das sementes para assegurar a multiplicação de plantas e o sucesso da produção agrícola. Na fisiologia vegetal, é considerado que a germinação se inicia com a embebição da semente e se encerra com a protrusão da raiz primária, enquanto a tecnologia de sementes inclui, também, a emergência e o desenvolvimento das

estruturas essenciais do embrião (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; NEDEL et al., 2012; MARCOS-FILHO, 2015). Brasil (2009b) considera, como estruturas essenciais, o sistema radicular, a parte aérea, as gemas terminais, os cotilédones e o coleóptilo, que permitem avaliar a probabilidade de sucesso do estabelecimento da plântula em campo.

No processo de germinação, além das condições intrínsecas das sementes, as condições ambientais como a disponibilidade hídrica, a temperatura do ambiente e o oxigênio, são fundamentais. A absorção de água pela semente é imprescindível, pois dá início a uma sequência de eventos fisiológicos como hidratação das membranas, a síntese de proteínas e o alongamento do eixo embrionário. Seus efeitos transformam o embrião que está em latência, desidratado, com metabolismo praticamente paralisado, em um metabolismo ativo e vigoroso resultando no crescimento da plântula (BUCKERIDGE e al., 2004; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS-FILHO, 2015).

A hidratação das membranas reativa uma ordem de metabolismos, como o aumento acentuado da atividade respiratória, a liberação de energia para a germinação, a ativação de enzimas e a síntese de proteínas. Durante a hidratação é ativado o mecanismo de reparo dos danos celulares acumulados durante a maturação, secagem e armazenamento das sementes, principalmente a reestruturação do sistema de membranas. Nesse momento, ocorre o reparo e replicação do DNA, para que ocorra a transcrição e tradução dos genes relacionados à germinação, que dá suporte ao início das atividades bioquímicas como a síntese de proteínas e hormônios. Estes eventos resultam na intensa digestão, translocação e assimilação das reservas, que promovem o acúmulo de

solutos e conseqüentemente a entrada de água nas células. Deste modo, ocorre a expansão dos vacúolos que promove o alongamento celular e culmina nas divisões celulares, no alongamento do eixo embrionário e por fim no crescimento da plântula (BUCKERIDGE e al., 2004; MARCOS-FILHO, 2015).

Toda essa seqüência de eventos ocorre quando uma semente quiescente (semente apta a germinar) encontra as condições favoráveis para retomar as suas atividades metabólicas, que ao final culminará na germinação. O potencial máximo de germinação e vigor ocorre na maturidade fisiológica, quando acontece o final do acúmulo de matéria seca na semente. A partir desse momento inicia o processo de deterioração da semente e continua até ela perder toda a sua capacidade de germinar (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; NEDEL et al., 2012; MARCOS-FILHO, 2015).

2.4 Deterioração de sementes

A deterioração da semente é determinada pela interação entre a herança genética com os fatores ambientais, as técnicas de colheita, de secagem, de beneficiamento, de armazenamento e de transporte (CARVALHO; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2006). Este processo é inevitável e irreversível, mas a sua celeridade pode ser controlada através da adoção de técnicas adequadas de produção, de colheita e pós-colheita, principalmente durante o período de armazenamento. Nesse período, deve ocorrer a redução do grau de umidade da semente, e também da temperatura e da umidade relativa do ambiente, o que resulta na desaceleração do processo de deterioração (VIEIRA et al., 2002).

Este processo é associado a uma série de alterações deletérias que ocorrem com o tempo e os seus efeitos só são detectados quando as sementes são

colocadas para germinar. As ações deletérias são combinações de lesões nas macromoléculas, que assumem uma incapacidade progressiva de se recuperar, impedindo a ação de monitoramento e regulação das atividades típicas do processo de germinação. Desse modo, as sementes iniciam processos de alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas em ritmo progressivo, determinando a queda do potencial de desempenho, levando à completa disfunção celular e culminando com a sua morte (MARCOS-FILHO, 2015).

As manifestações fisiológicas são mais evidentes e dentre elas se destacam: a redução da velocidade de germinação, que geralmente é determinada pela desorganização do sistema de membranas, que reduz a atividade respiratória e, conseqüentemente, a produção de ATP. Essa redução promove uma alteração bioquímica, levando a diminuição da síntese de proteínas e hormônios, devido à menor oferta de RNA ribossômico e RNA mensageiro. Essa alteração resulta em mudanças nos níveis de transcrição, de tradução e na degradação de macromoléculas e ácidos nucleicos, degeneração cromossômica, alterações no DNA e na produção de agentes oxidantes - os radicais livres (BEWLEY; BLACK, 1994; COOLBEAR, 1995). Esses agentes reagem com os ácidos graxos poli-insaturados, que estão presentes nas membranas das organelas celulares, e são considerados os principais responsáveis pela deterioração das sementes oleaginosas durante o armazenamento (GOEL; SHEORAN, 2003; VASCONCELOS et al., 2014).

Toda essa sequência de eventos da evolução do processo de deterioração, dificilmente é identificada através de alterações morfológicas nas sementes. Suas conseqüências são observadas no declínio da velocidade de crescimento, na menor resistência às condições desfavoráveis do ambiente, na redução da porcentagem de

emergência de plântulas em campo, na irregularidade do desenvolvimento de plântulas e no aumento da taxa de anormalidade (MARCOS-FILHO, 2015).

Outro fator que interfere no vigor das sementes é a sua composição química. Aquelas que possuem maior teor de lipídios terão maior vulnerabilidade no processo de perda do vigor, principalmente as que possuem maior conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados. As alterações na composição química (proteínas, carboidratos e lipídios) das sementes prejudicam o seu aproveitamento em processos de síntese e de liberação de energia, prejudicando o desenvolvimento do embrião (FREITAS, 2009; MARCOS-FILHO, 2015).

Esses processos de deterioração do material propagativo ao longo do armazenamento são relatados em trabalhos com sementes de *Jatropha curcas* L. (PINTO JÚNIOR et al., 2012), *Helianthus annuus* L. (ABREU et al, 2013), *Gossypium hirsutum* (OLIVEIRA et al, 2016), variando de acordo com o ambiente, a embalagem e o tempo de armazenamento. Esses trabalhos descrevem os efeitos negativos, em curto prazo e latentes, no potencial fisiológico das sementes oleaginosas, favorecendo a deterioração e determinando uma limitada capacidade de armazenamento.

2.5 Armazenamento de sementes

O armazenamento visa minimizar a velocidade do processo de deterioração, utilizando um conjunto de procedimentos para manter a qualidade fisiológica das sementes, pelo período mais longo possível. Essa manutenção é importante para a regulação do comércio, a conservação de recursos genéticos em banco de germoplasma, e até o suprimento anual de sementes das espécies com produção irregular ao longo dos anos. Mas, a manutenção da viabilidade de sementes após o

período de armazenamento, depende entre outros fatores, da qualidade inicial e da composição (sementes amilácea, protéica e oleaginosa) (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Cicero et al. (1986), descrevem três grupos de sementes quanto à sua capacidade de secagem e armazenamento: as recalcitrantes, as intermediárias e as ortodoxas.

As sementes recalcitrantes perdem a sua viabilidade quando seu teor de umidade é reduzido a menos que 35%, não podendo ser secas e conservadas às temperaturas sub-zero. As intermediárias não se enquadram nas características descritas para as sementes ortodoxas e nem para as recalcitrantes, apresentando pequena resistência à baixas temperaturas e certa tolerância a dessecação (MARCOS-FILHO, 2015). Aquelas classificadas como ortodoxas, que são a maioria das espécies, podem ser desidratadas até 5% do seu teor de umidade e armazenadas à temperatura sub-zero, sem causar danos fisiológicos.

Segundo Garcia et al. (2018), as sementes de sachá-inchi resistem à secagem até 5,5% do seu grau de umidade sem prejuízos ao seu potencial fisiológico, sendo caracterizada como ortodoxas. Essa informação é fundamental para poder determinar as condições ideais no programa de armazenamento, uma vez que as sementes podem cumprir um longo período nesta condição até serem cultivadas.

Para o sucesso da produção é primordial o fornecimento de sementes de qualidade, o que demanda o desenvolvimento de tecnologias para produção e conservação desse produto. Essa preocupação se intensifica na indústria sementeira, onde o armazenamento é uma etapa obrigatória e de extrema importância para o programa de produção de sementes (BRASIL, 2010). As

sementes de espécies oleaginosas requerem maior cuidado devido à instabilidade química dos seus ácidos graxos, tornando-as menos resistentes ao armazenamento, quando comparadas, as que possuem maior teor de amido e proteínas (HARRINGTON,1972).

Independente do material de reserva da semente, a sua deterioração ocorre em velocidade e intensidades variáveis, mesmo sob rígido protocolo de armazenamento, pois variam de acordo com a qualidade fisiológica e das condições ambientais em que estão inseridas. Esse protocolo deve ser conduzido de maneira a diminuir as transformações bioquímicas que provocam a redução da sua qualidade fisiológica, que é diretamente influenciada pelo teor de água da semente e pela temperatura ambiente (MARCOS-FILHO, 2015). Em geral, as melhores condições para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes ortodoxas, durante o armazenamento, são a baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

A qualidade das sementes ortodoxas sofre influência do teor de água da seguinte forma: valores acima de 30% favorecem a germinação, e os valores entre 18 a 20% tendem a apresentar intensa atividade respiratória, que potencializa os seus processos de deterioração; quando próximo de 13% é suficiente para desenvolvimento de fungos, e estando abaixo de 7% são imunes ao ataque de insetos e fungos durante o armazenamento (BEWLEY; BLACK, 1994). Entretanto, maiores reduções no seu teor de água podem desencadear processos de auto-oxidação de lipídeos e, conseqüentemente, formação de radicais livres que podem inativar enzimas e alterar a integridade das membranas celulares, além de comprometer o material genético celular, causando danos irreparáveis e redução da viabilidade durante o armazenamento (MARCOS-FILHO, 2015).

Pesquisas relatam as perdas de germinação e vigor das sementes em função do tempo e das condições adotadas no armazenamento de oleaginosas. Como exemplo, tem-se as sementes de *Jatropha curcas* L. (MONCALEANO-ESCONDON et al., 2013) armazenadas em sacos de papel multifoliado e acondicionadas em ambiente de laboratório (25 °C) e geladeira (4 °C) por 12 meses. Também, sementes de *Helianthus annuus* L. (LIMA et al., 2014) armazenadas em saco de papel multifoliado, polietileno preto e garrafa pet em câmara fria (10 °C), condições ambientais (30-32 °C), geladeira (4 °C) e freezer (-20 °C), por 12 meses. E ainda, sementes de *Ricinus communis* L. (SANTOS et al., 2016) armazenadas em câmara fria (10 °C) e armazém convencional (25 °C), utilizando embalagens de papel Kraft multifoliado e polietileno com e sem acondicionamento a vácuo (1 atm), por 12 meses. Esses estudos demonstram que os processos de deterioração das sementes sofrem forte influência da associação entre as condições e o tempo de armazenamento com as embalagens.

2.6 Embalagem no armazenamento de sementes

A embalagem é fundamental na conservação do potencial fisiológico das sementes, por reduzir os impactos das variações de temperatura e umidade do local de armazenamento. Também, facilitam a diferenciação de lotes, servem de proteção contra insetos e animais, além de facilitar o manejo e otimizar o uso do espaço (MEDEIROS; EIRA, 2006). O tipo de embalagem utilizada, associada ao ambiente de armazenamento, deve manter o grau de umidade inicial das sementes, para diminuir a intensidade de respiração e reduzir a velocidade de deterioração (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

As embalagens podem ser classificadas em três tipos: as permeáveis, as semipermeáveis e as impermeáveis, conforme a troca de umidade e oxigênio que permitem acontecer entre as sementes e o ambiente em que estão inseridas (HARRINGTON, 1972). As embalagens permeáveis não oferecem resistência à troca de umidade e oxigênio como, por exemplo, as embalagens de saco de fibra de rafia e as de papel kraft. O tipo de embalagem semipermeável oferece certa resistência à troca de umidade e oxigênio entre as sementes e ambiente, como no caso das embalagens de polietileno. Já as impermeáveis, como as embalagens de vidro, não permitem que a umidade do ar e o oxigênio exerçam influência sobre a semente, possibilitando a redução dos processos de deterioração e a atividade de microrganismos (AZEVEDO et al., 2003).

Por impedirem a troca de umidade, as embalagens impermeáveis podem ser prejudiciais quando as sementes são armazenadas com alto teor de umidade, pois favorecem o desenvolvimento de fungos e a respiração anaeróbica (MACEDO et al., 1998). Essas embalagens requerem que a umidade das sementes seja reduzida a, pelo menos 9,0%, no caso de sementes oleaginosas, para a obtenção de um bom armazenamento (DELOUCHE; POTTS, 1974). Embalagens impermeáveis são indicadas para manutenção da germinação e do vigor das sementes, no entanto, predispõe danos mecânicos durante o manuseio devido ao baixo teor de água da semente (CAPELLARO et al., 1993).

Há, também, a possibilidade da utilização da técnica de vácuo no interior das embalagens para o armazenamento, que visa reduzir os níveis de oxigênio e aumentar os de dióxido de carbono. Essa técnica tem como fundamento o princípio de que a diminuição dos níveis de oxigênio e a elevação dos níveis de dióxido de carbono reduzam a taxa respiratória e, conseqüentemente, a velocidade da

deterioração. Com essa técnica, obtêm-se as condições para a conservação da semente, reduzindo sua atividade metabólica e mantendo o baixo grau de umidade, evitando perdas no aspecto qualitativo e quantitativo (MARÇALLO, 2006).

Com o objetivo de manter a conservação do material propagativo, a escolha da embalagem e da técnica utilizada, deve seguir algumas observações, como: as características físicas (tamanho, peso, grau de umidade) e fisiológicas (composição química e estado de latência) da semente, o ambiente e o período de armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Nesse contexto, em pesquisa com sementes de *Jatropha curcas* L. (PINTO JUNIOR et al., 2012) armazenadas em laboratório (25° C), câmara refrigerada (14-16 °C) e refrigerador (4-6 °C) utilizando sacos de polietileno transparente, sacos de papel Kraft e embalagens de vidro com tampa por um período de até 180 dias, onde as sementes armazenadas em embalagens de vidro no ambiente de geladeira mantiveram a sua qualidade fisiológica, podendo ser armazenadas pelo período de 180 dias. Já no armazenamento de sementes de *Gossypium hirsutum* L. (ALVARENGA et al., 2014) armazenadas em câmara fria (10 °C) e em laboratório (25 °C), em sacos de papel kraft por até 240 dias, onde o ambiente de câmara fria manteve a qualidade das sementes armazenada por 240 dias. E para as sementes de *Ricinus communis* L. armazenadas em câmara fria (10 °C) e armazém (25 °C) em sacos de papel kraft multifoliado e embalagens de polietileno com e sem vácuo por até 360 dias, onde a embalagem à vácuo no armazém conservou a qualidade da semente por 360 dias (SANTOS et al., 2016).

Essas pesquisas evidenciam a importância de estudar o ambiente, a embalagem e o período de armazenamento para sementes oleaginosas, reduzindo a

instabilidade de seus lipídios, mantendo a qualidade e o teor dos ácidos graxos, e o potencial fisiológico da semente.

2.7 Avaliação da qualidade fisiológica de sementes

A qualidade fisiológica da semente é a sua capacidade de expressar as suas características, que resulta do somatório de todos os seus atributos genéticos, físico, fisiológicos e sanitários. Essas características, somadas aos procedimentos de pós-colheita, como o armazenamento, afetam a sua capacidade de originar plantas produtivas, fazendo necessário determinar a qualidade de lote de sementes. A avaliação da qualidade fisiológica é realizada, predominantemente, pelo teste de germinação, que é conduzido em condições controladas de laboratório, possibilitando o máximo percentual de germinação das sementes (NASCIMENTO, 2009; MARCOS-FILHO, 2015).

O vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial para a emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambiente. A avaliação do vigor procura detectar diferenças significativas no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante, fornecendo informações adicionais às proporcionadas pelo teste de germinação. Por isso, estes testes têm se tornado ferramenta de uso rotineiro pela indústria sementeira para a determinação da qualidade fisiológica. Entre as diversas formas de avaliar o vigor, tem-se o teste de emergência que possibilita determinar aspectos específicos da expressão do potencial fisiológico (CARVALHO; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2006).

a) Teste de germinação de sementes

O teste de germinação é o mais utilizado na avaliação do potencial fisiológico da semente e o seu objetivo é determinar o potencial máximo de germinação de um lote. Os resultados obtidos poderão ser usados para comparar a qualidade de diferentes lotes e estimar o valor de semeadura no campo. A sua interpretação é através da identificação das condições mínimas de desenvolvimento da plântula, demonstrando potencial para originar uma planta normal sob condições favoráveis. Os resultados dessas análises são obtidos com base em instruções estabelecidas pelas Regras para Análises de Sementes (RAS), de modo a ter resultados padronizados e de forma rápida (BRASIL, 2009b; MARCOS-FILHO, 2015).

Este teste permite determinar o estágio de viabilidade que a amostra de semente se encontra, sendo expresso por uma curva sigmoide dividida em três fases. A primeira fase é a mais longa, onde as sementes mantêm alto poder germinativo e poucas morrem; em seguida, ocorre o declínio rápido da germinação e por fim poucas sementes permanecem vivas. É comum, sementes de um mesmo lote estarem em diferentes posições dessa curva, apresentando diferentes graus de viabilidade, que podem ser determinados através de teste de avaliação do potencial fisiológico da semente (NEDEL et al., 2012; MARCOS-FILHO, 2015).

O teste é conduzido sob condições ótimas de água, temperatura, luminosidade e substrato, para garantir a eficiência do processo de germinação, de modo a fornecer a máxima germinação da amostra avaliada. Assim, pode ocorrer superestimação do potencial das sementes, pois as condições encontradas em campo divergem das reguladas em laboratório, o que promove pequena diferenciação do desempenho das sementes entre lotes (NEDEL et al., 2012; MARCOS-FILHO, 2015). Deste modo, há necessidade de complementação do teste de germinação com um teste de

vigor, pois a reunião dessas informações torna mais eficiente a estimativa do comportamento da semente em condições naturais de campo, bem como a diferenciação da qualidade fisiológica entre lotes.

b) Teste de emergência de plântulas

Esta avaliação parte do princípio que sementes com maior porcentagem de emergência em campo são mais vigorosas, sendo mais eficientes na transferência de matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário, refletindo no crescimento da plântula. Quando as sementes investem menos recursos no desenvolvimento do embrião e mais recursos nos mecanismos de reparo dos danos intracelulares, ocorrem prejuízos no desenvolvimento da plântula, resultando em menor porcentagem de emergência do estande (CARVALHO; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2006).

c) Massa de matéria seca de plântulas

O teste de vigor de avaliação da massa de matéria seca de plântulas se baseia na tese que sementes mais vigorosas ocorrem maior eficiência na transferência da matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário e isto reflete no crescimento das plântulas. Este teste avalia a eficiência dos mecanismos de reparo da semente, pois, quanto maior o consumo de energia para atividade de reparo resulta em prejuízos à germinação e no desenvolvimento de plântulas. Assim, sementes vigorosas formam plântulas bem desenvolvidas, devido a eficiência da ação dos mecanismos de reparo, mobilização de reservas e sínteses de novos tecidos na germinação (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, et al., 1999; GUEDES et al., 2009; MARCOS-FILHO, 2015).

Esse teste é utilizado por laboratórios de avaliação de sementes para compor, juntos com outros testes, um índice de vigor das sementes. A avaliação da massa de matéria seca possui a vantagem de ter baixo custo, poder ser conduzida conjuntamente com outros testes (teste de germinação e teste de emergência), não necessita de equipamentos especiais nem demanda treinamento específico para ser empregado. Os fatores de dificuldade deste teste é a atenção especial para evitar variações nos resultados, possíveis subjetividades na interpretação e valores de referências muitos subjetivos para caracterizar o alto ou baixo vigor (KRZYZANOWSKI, et al., 1999; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000, MARCOS-FILHO, 2015).

d) Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica é um método rápido e eficiente de determinar a qualidade fisiológica da semente, sendo indicado para avaliar pequenas diferenças de vigor entre lotes, detectando o processo de deterioração em sua fase inicial. O teste se fundamenta no fato da deterioração das sementes iniciarem pela degradação do sistema de membranas que favorece a lixiviação de eletrólitos pela semente na água de embebição, aumentando assim o valor da condutividade elétrica da solução. Deste modo, a perda do potencial fisiológico da semente está diretamente ligada às maiores quantidades de solutos lixiviados, resultado de uma perda da integridade de membrana das sementes (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, et al., 1999; MATTHEWS; POWELL, 2007) .

As sementes durante o processo de embebição sofrem rápida e intensa lixiviação de eletrólitos, proporcional ao estado de desorganização das membranas, seguida de uma redução na perda de solutos, à medida que os tecidos são reidratados, até

atingir um estado de equilíbrio. Essa desorganização das membranas é maior em sementes de baixo vigor, que sofreram elevado grau de alterações bioquímicas degenerativas (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, et al., 1999; MARCOS-FILHO, 2015).

2.8 Composição química de sementes

A composição química das sementes inclui substâncias classificadas como componentes estruturais, materiais armazenados e produtos secundários. As substâncias armazenadas são responsáveis pelo fornecimento de energia necessário para o funcionamento das funções vitais das sementes, além de afetar o potencial de armazenamento e direcionar os procedimentos adotados nessa fase (MARCOS-FILHO, 2015). O conhecimento dessas substâncias também é importante para o direcionamento dessas sementes ao mercado alimentício ou como matéria-prima para outros setores da indústria (GUTIÉRREZ et al., 2011).

Os componentes de reserva das sementes consistem em proteínas, carboidratos e lipídeos. As proteínas são essenciais para a formação de novos tecidos, mas podem ter função estrutural, nutritiva ou enzimática, participando de estrutura, liberando aminoácidos para a respiração ou monitorando reações químicas. As proteínas também podem atuar em mecanismos de transporte, defesa, reguladores de crescimento e de processos fisiológicos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Os carboidratos são as principais substâncias armazenadas nas sementes da maioria das espécies cultivadas, com a principal função de fornecer energia para a retomada de desenvolvimento do embrião durante a germinação. Já os lipídios, na maioria das espécies, são armazenados no embrião, mas também podem ser armazenados no endosperma, como exemplo tem-se a semente de *Ricinus*

communis L. Os lipídios são considerados importantes fontes de energia, e mais eficientes que os carboidratos. Durante a germinação são hidrolisados, e entre outros compostos, são transformados em açúcares, liberando energia para o processo de germinação (BUCKERIDGE et al., 2004; MARCO-FILHO, 2015)

Na germinação de sementes de *Plukenetia volubilis* os ácidos graxos são mobilizados de formas diferentes. Durante o estágio inicial da germinação (3 a 10 dias) ocorre intensa síntese de ácidos α -linolênico e linoleico que serão oxidados na fase final da germinação (20 a 30 dias). Os ácidos palmíticos e oleico estão em menor presença durante a fase inicial da germinação e possui sua biossíntese aumentada no final da germinação, pois serão oxidados na fase pós-germinação, sendo consumidos na fase de emergência da plântula (CHANDRASEKARAN; LIU, 2018)

As sementes oleaginosas possuem teores mais elevados de lipídios, em segundo lugar de proteínas, quando comparado ao de carboidratos. As sementes de gramíneas são ricas em carboidratos e das leguminosas apresentam elevados teores de proteínas (BUCKERIDGE et al., 2004; MARCO-FILHO, 2015). No caso das sementes de sacha-inchi, seu principal componente de reserva são os lipídeos (42%), seguido de carboidratos (31%) e de proteína (25%) (HAMAKER et al., 1992).

O óleo de sacha-inchi possui um elevado teor de ácidos graxos insaturados, presentes nas seguintes proporções: α -linolênico (51%), linoleico (33%) e oleico (9%) (GUTIÉRREZ et al., 2011). As variações existentes nos perfis dos ácidos graxos são influenciadas por fatores genéticos e por fatores ambientais, durante a produção das sementes, e também, durante o período de armazenamento (MARTIN et al., 2006).

Os ácidos graxos contêm cadeias de 8 a 24 átomos de carbono com diferentes graus de insaturação. Estes ácidos possuem cadeia longa, livres ou esterificados, sendo diferentes em suas propriedades químicas e físicas. Além disso, podem ser classificados como saturados e insaturados; e este último ainda se divide em monoinsaturados ou poli-insaturados (MARTIN et al., 2006).

Os ácidos graxos saturados possuem apenas ligações simples entre os carbonos de sua cadeia. Já os ácidos graxos insaturados apresentam uma ou mais duplas ligações, entre carbonos, ao longo da cadeia. Os denominados monoinsaturados apresentam apenas uma ligação dupla e os poli-insaturados são os que apresentam duas ou mais ligações duplas, entre carbonos, ao longo da sua cadeia química (ANGELO, 2007).

A designação dos ácidos graxos poli-insaturados tem relação com a posição da primeira dupla ligação, contando a partir do grupo metílico no final da molécula. O ácido graxo α -linolênico (18:3) apresenta três duplas ligações, entre os carbonos três e quatro, seis e sete, e nove e dez. Enquanto, o ácido graxo linoleico (18:2) apresenta duas duplas ligações, a primeira dupla ligação entre os carbonos seis e sete e a segunda dupla ligação entre o nono e o décimo (Figura 3). O ácido graxo oleico (18:1), por sua vez, apresenta apenas uma dupla ligação entre o nono e décimo átomo de carbono da sua cadeia química (ROSE; CONNOLLY, 1999).

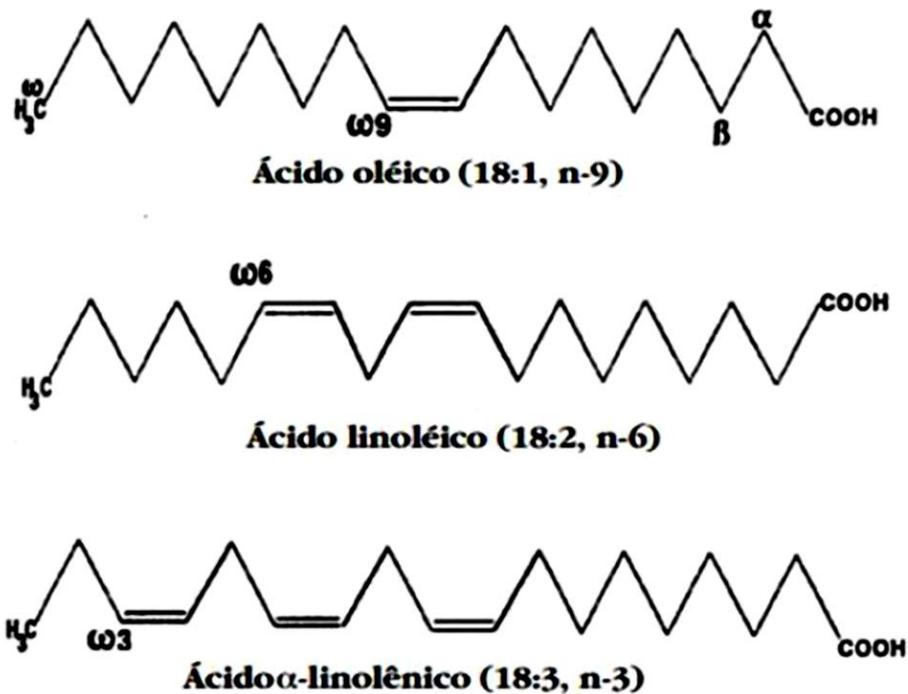


Figura 3- Estrutura do ácido oleico, ácido linoleico e do ácido α-linolênico (ROSE; CONNOLLY, 1999).

Os ácidos graxos insaturados, presentes nas sementes oleaginosas, podem sofrer alterações na sua composição, sendo convertidos em ácidos graxos saturados, quando submetidas ao armazenamento (MACHADO, 2011). Essas alterações ocorrem pela peroxidação lipídica através da ação das enzimas lipolíticas, devido à ação do oxigênio, contribuindo para a redução do potencial fisiológico das sementes (AZEVEDO et al., 2003).

Deste modo, é importante para a indústria sementeira e a indústria de óleos vegetais pesquisas sobre o desempenho das sementes oleaginosas durante o armazenamento, tendo em vista que o ambiente, a embalagem usada e o tempo de armazenamento têm influência direta na composição química dos seus ácidos graxos e na qualidade fisiológica da semente.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade fisiológica, a composição e o teor de ácidos graxos das sementes de sachá-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) em função do ambiente, da embalagem e do tempo de armazenamento.

3.2 Objetivos específicos

- Analisar a influência de dois ambientes (galpão e câmara fria) e três embalagens (vidro, polietileno a vácuo e saco de fibra de ráfia) na manutenção da longevidade das sementes de sachá-inchi.
- Avaliar a composição e o teor de ácidos graxos nas sementes de sachá-inchi em função do ambiente, de embalagens e tempo de armazenamento.
- Verificar a relação entre a qualidade fisiológica e a composição química dos ácidos graxos das sementes de sachá-inchi em função do ambiente, de embalagens e tempo de armazenamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Setor de Plantas Medicinais e Hortaliças e no Laboratório de Plantas Medicinais e Fitoquímica, na Embrapa Amazônia Ocidental (03°06'23,04"S e 60°01'35,14"W), Manaus-AM e no Laboratório de Química e Produtos Naturais do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas da Universidade Estadual de Campinas (22°54'20"S e 47°03'39"W). O experimento foi realizado de novembro de 2016 a maio de 2018.

4.1 Obtenção das sementes

Em novembro de 2016 de uma população de plantas de sachá-inchi com três anos de idade, foi realizada quatro colheitas (duas por semana durante duas semanas) de frutos secos, para retirada das sementes. Essas plantas foram cultivadas em solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico com características químicas da camada de 0-20 cm de: pH em H₂O: 6,2; C: 17,2 g kg⁻¹; M.O.: 29,7 g kg⁻¹; N: 1,8 g kg⁻¹; P 31,5 mg dm⁻³; K: 100 mg dm⁻³; Na: 28 mg dm⁻³; Ca: 2,9 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,9 cmol_c dm⁻³; Al: 0,0 cmol_c dm⁻³; H+Al: 2,7 cmol_c dm⁻³; SB: 4,1 cmol_c dm⁻³; t: 4,1 cmol_c dm⁻³; T: 6,9 cmol_c dm⁻³; V: 64% e m: 0%. O clima é do tipo "Af - clima tropical úmido ou clima equatorial", segundo classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013).

Após a colheita, os frutos foram acondicionados em sacos de papel e enviados ao laboratório de Plantas Medicinais e Fitoquímica (UR%= 57,5; T= 25,5 °C), onde permaneceram em bancada, por uma semana, até secagem dos frutos e deiscência das sementes. Esses frutos que passaram por esse processo tiveram suas sementes liberadas facilmente com um toque firme na parte externa do fruto. Os que não lançaram suas sementes foram abertos com uso de um martelo de borracha, sem danificar a semente. Após a obtenção de sementes em quantidade

para a instalação do experimento, foi realizada uma seleção, excluindo as sementes vazias, com má formação, quebradas e de cor diferente da característica da semente da espécie (marrom escuro).

Nas sementes selecionadas foi verificado o grau de umidade, conforme RAS (2009), visando obter sementes com aproximadamente 7,0-8,0% de umidade, conforme Delouche e Potts (1974) recomendam para o armazenamento de sementes oleaginosas.

4.2 Instalação do experimento

Os tratamentos deste experimento foram compostos por dois ambientes (galpão e câmara fria), três embalagens (vidro, saco de fibra de ráfia e saco de polietileno a vácuo) e sete tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses).

Os ambientes de armazenamento das sementes possuem as seguintes características: galpão - coberto de telha de fibrocimento, aberto lateralmente com proteção de tela de arame e possui dois Datalogger ht-500 que registram os dados de temperatura e umidade a cada 30 segundos; câmara fria - regulada a temperatura de 15 °C e a umidade de 60%, durante o período do experimento.

Foram preparadas 36 amostras com 400 sementes cada (total de 14 400 sementes), utilizando as seguintes embalagens: vidro de 1L, saco de fibra de ráfia (25 cm x 35 cm) e saco de polietileno (20 cm x 30 cm, com espessura de 0,12 μ). Nesta última, as sementes foram acondicionadas a vácuo, obtido em seladora Overd & Brock com pressão de 0,1 atm.



Figura 4 - Embalagens utilizadas no armazenamento das sementes de sachá-inchi.

4.3 Avaliações

A cada período de armazenamento foram realizadas avaliações para verificar a qualidade fisiológica das sementes, através das análises: do teor de água, teste de condutividade elétrica, teste de germinação, índice de velocidade de germinação, teste de emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência e massa de matéria seca de plântulas. Também foram realizadas análises da composição dos ácidos graxos por cromatografia gasosa.

4.4.1 Qualidade fisiológica das sementes

a) Grau de umidade das sementes

Foi efetuada pelo método de estufa a 105 ± 3 °C por 24 h, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009b). Os resultados foram expressos em porcentagem e foram calculados na base do peso úmido, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de Umidade (U)} = \frac{(P - p) \times 100}{P - t}$$

Onde:

P = peso inicial, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida;

p = peso final, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca;

t = tara, peso do recipiente com sua tampa.

b) Teste de condutividade elétrica das sementes

Foi determinada com quatro repetições de 25 sementes de cada tratamento, onde as sementes de cada repetição foram pesadas com precisão de 0,01 g e colocadas em copos plásticos contendo 100 mL de água deionizada, permanecendo por um período de 24h à temperatura de 25 °C em câmaras de germinação. No momento da leitura, os copos contendo as sementes foram levemente agitados e, após a leitura, as sementes foram descartadas. O resultado obtido no condutímetro foi dividido pelo peso das sementes da repetição, de modo que o resultado final foi expresso em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (KRZYŻANOWSKI et al., 1999). A determinação da condutividade elétrica foi realizada com condutímetro digital Hanna HI98130.

c) Teste de germinação das sementes

A semeadura das quatro repetições de 25 sementes por tratamento foi realizada em caixa plástica (234 x 172 x 102 mm) em vermiculita fina umedecida com água deionizada. Após a distribuição equidistante, as sementes foram mantidas em câmara de germinação, com jogo de três lâmpadas fluorescentes de 15 cm (700 lux cada), reguladas a temperatura constante de 30 °C e na presença de luz 24h. Diariamente foram computadas as plântulas normais, ou seja, as que apresentam estruturas essenciais do embrião, como: sistema radicular (raízes primárias e

seminais), parte aérea (hipocótilo e epicótilo) e as gemas terminais, até 25 dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009b; CARDOSO et al., 2015; SILVA et al., 2016). O cálculo da porcentagem da germinação foi determinado pela seguinte fórmula.

$$G(\%) = \frac{N \times 100}{A}$$

Onde:

N = número de sementes germinadas; e

A = número total de sementes colocadas para germinar.

d) Índice de velocidade de germinação das sementes (IVG)

Foi conduzido conjuntamente ao de germinação de plântulas. As avaliações foram realizadas diariamente a partir do dia em que surgiram as primeiras normais até a última contagem. Para determinação do índice de cada repetição foi somado o número de sementes germinadas a cada dia, divididos pelo respectivo número de dias transcorridos desde a sementeira (MAGUIRE, 1962).

$$IVG = \frac{N_1 + N_2 + N_3 \dots + N_n}{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n}$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

N1:n = número de plântulas emergidas no dia 1, 2, 3, ...n; e

D = número de dias para as plântulas germinarem.

e) Teste de emergência das plântulas

Foi em bandejas de polipropileno (isopor®) de 72 células, utilizando substrato areia lavada tratada em secador solar, onde foram semeadas quatro repetições de vinte e cinco sementes de cada tratamento. As bandejas foram mantidas em viveiro a

50 % de luz e com suplementação hídrica diariamente. As avaliações foram até a estabilização da emergência, aproximadamente 25 dias após a semeadura (NAKAGAWA,1994). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas emergidas.

$$E(\%) = \frac{N \times 100}{A}$$

Onde:

N = número de sementes emergidas; e

A = número total de sementes colocadas para emergir.

f) Índice de velocidade de emergência das plântulas (IVE)

Foi conduzido paralelamente ao de emergência de plântulas, somando-se o número de sementes emergidas a cada dia, divididas pelo respectivo número de dias transcorridos desde a semeadura (KRZYZANOWSKI et al., 1999). O cálculo foi realizado da mesma forma que o IVG.

g) Massa seca das plântulas

As plântulas normais do teste de germinação foram acondicionadas em embalagens de papel tipo kraft e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 48 h e sua massa foi determinada em balança de precisão (0,0001 g). A massa seca por plântula foi obtida pela divisão da massa seca obtida, de todas as plântulas de cada repetição, dividida pelo número de plântulas normais (KRZYZANOWSKI et al., 1999), com os resultados expressos em gramas.

4.4.2 Composição e teor de ácidos graxos por cromatografia gasosa

O óleo extraído das sementes, de cada tratamento ao final de cada período de armazenamento, foi encaminhado ao Laboratório de Química e Produtos Naturais do

CPQBA/ UNICAMP, para as análises de composição química da qualidade dos ácidos graxos e o seu teor nas sementes de sachá-inchi.

a) Extração de lipídeos das sementes

Para extração de lipídios, foi retirado o tegumento da semente, sendo utilizado apenas o endosperma, onde vinte gramas foram pulverizados e colocado dez gramas em cada cartucho de papel. Posteriormente, acondicionados em aparelho tipo Soxhlet e mantidas em refluxo durante três horas, usando hexano como extrator. Ao final da extração, os cartuchos foram retirados, secos e pesados. O teor de lipídeo foi estimado pela diferença de peso da amostra seca inicial e final (Melo et al., 2009), e os resultados expressos em porcentagem.

b) Composição dos ácidos graxos das sementes

A análise da composição em ácidos graxos do óleo das sementes foi realizada após esterificação, de acordo com as normas da “American Oil Chemists’ Society” (AOCS, 2004), o método Ce 1-62.

Reagente de esterificação

Em um balão de fundo redondo e boca esmerilhada com capacidade de 1 L foi adicionado 20 g de cloreto de amônia e 600 mL de metanol e adicionado 30 mL de ácido sulfúrico concentrado, lentamente, e levado a refluxo até dissolução do sal.

Reagente de saponificação

Em um béquer foi pesado 28,5 g KOH e dissolvidos em metanol. Também foram utilizados o éter de petróleo 30-70 °C e a solução de NaCl.

Procedimento da análise

Reação de esterificação: foi adicionado 5 mL de reagente de esterificação e aquecido em banho-maria a 90 ± 5 °C durante 5 min. Assim, foi transferida do banho-maria para um banho de gelo até que a tampa ficasse, no mínimo, morna.

Reação de saponificação: em um tubo de ensaio com tampa rosqueável foi pesado 50-60mg da amostra e em seguida foi adicionado 4 mL de reagente de saponificação, depois foi agitado por 30 s em vortéx. Posteriormente, o tubo foi aquecido em banho-maria à temperatura de 90 ± 5 °C durante 5 min. Então, foi transferida do banho-maria para um banho de gelo até que a tampa estivesse, no mínimo, morna.

Separação da amostra esterificada: Após a reação de esterificação foi adicionado 4 mL de NaCl saturado e 5 mL de éter de petróleo, então, foi agitado em vórtex durante 30 s, quando, observada a separação de duas fases, de onde foi retirado o sobrenadante com auxílio de uma pipeta Pausteur de 1,5 mL e transferido para um vial para posterior análise cromatográfica.

Condições instrumentais de análise

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados de acordo com as normas da "American Oil Chemists' Society" (AOCS, 2004), o método Ce 2-66. A composição qualitativa foi determinada por comparação dos tempos de retenção dos picos com os dos respectivos padrões de ácidos graxos. A composição quantitativa foi realizada por normalização de área, sendo expressa como porcentagem em massa.

As análises foram em equipamento GC HP6890; MSD HP5975 e split 40:1, com coluna carbowax (60m, 0,25mm, 0,25 μ m). A temperatura injetora foi de 230 °C, a temperatura Detector de 260 °C e a temperatura da coluna em 170 °C, 3 °C/min, 170-210 °C (4 °C/min), e com tempo de corrida de 23 min.

4.5 Análise estatística do experimento

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial de 2 x 3 x 7, sendo, dois ambientes (câmara fria e galpão), três embalagens (vidro, saco de fibra de ráfia e embalagem de polietileno a vácuo) e sete períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses), em parcelas subdivididas, com quatro repetições de 25 sementes, exceto para o teor de água que foi realizado com quatro repetições de cinco sementes. Nas parcelas, foram casualizadas as combinações de dois ambientes de armazenamento e três tipos de embalagens, enquanto nas subparcelas constaram os sete períodos de armazenamento.

Para as análises estatísticas, as médias foram submetidas à análise de variância e analisados pelo programa estatístico SISVAR. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. No caso de interação significativa, foram utilizadas equações de regressão para avaliar a superfície de resposta para cada variável, escolhendo-se a equação de maior significância. Para a composição e a quantificação dos ácidos graxos foi adotado a comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Referentes às condições ambientais do galpão, durante o período de armazenamento das sementes de sachá-inchi, as médias de temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) evidenciaram médias mais altas nos meses de setembro e novembro/2017 com $30,1^{\circ}\text{C}$ (Figura 5). Em relação à umidade relativa do ar (UR%) as médias mais altas foram registradas no mês de fevereiro e março/2017 com $87,1\%$ (Figura 6).

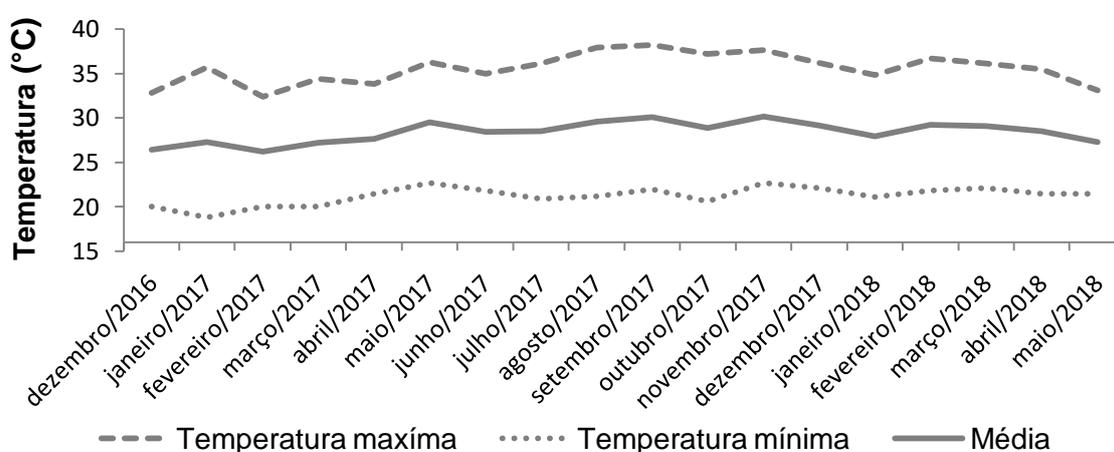


Figura 5 – Temperaturas máxima, mínima e média do galpão de armazenamento das sementes de sachá-inchi, no período de dezembro/2016 a maio/2018. Manaus, AM.

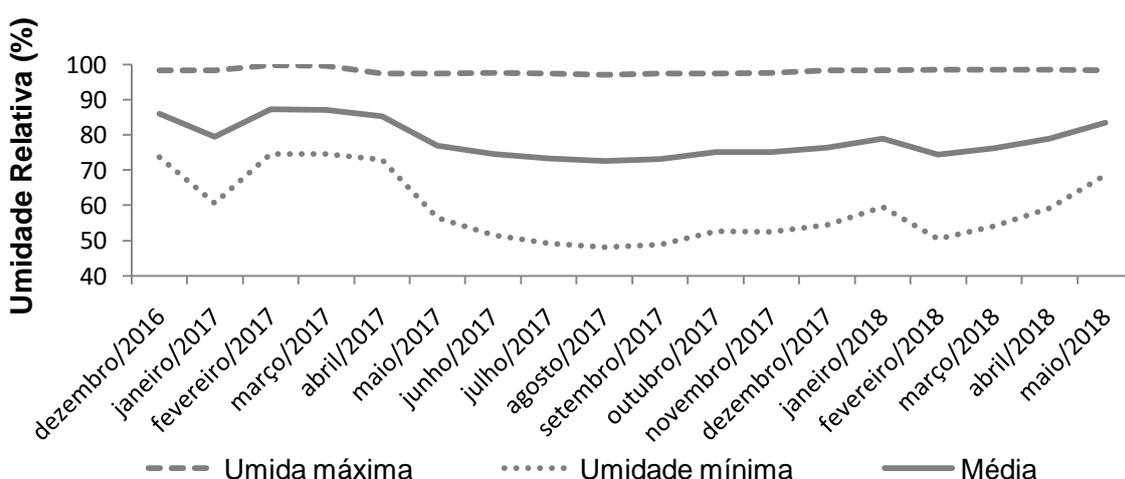


Figura 6 – Umidades relativas máxima, mínima e média, no armazenamento das sementes de sachá-inchi no período de dezembro/2016 a maio/2018. Manaus, AM.

Observando as médias da T°C e a UR% ao longo do armazenamento no galpão, nota-se que não houve acentuada variação dos dados, entre os valores máximos e mínimos registrados a cada mês. Para a variável T°C, a maior variação ocorreu no mês de janeiro/2017, com diferença entre a máxima e a mínima registrada de 16,9 °C, e para UR% a máxima variação foi de, aproximadamente, 50% no mês de agosto (Figuras 5 e 6).

Esta oscilação da UR% do galpão resultou na alteração do teor de umidade das sementes armazenadas nas embalagens de saco de fibra de rafia e polietileno a vácuo (Figura 8B). As sementes, na ocasião da instalação do experimento, estavam com umidade de $\pm 7,36\%$, e aos três meses de armazenamento na embalagem saco de fibra, esta variável subiu para 8,50% e, aos 18 meses, atingiu 8,97% de umidade. Para as sementes armazenadas nas embalagens de polietileno e de vidro, a variação da umidade não alcançou 1% ao longo do experimento, apontando uma barreira de proteção para as sementes (Figuras 7B).

A câmara fria estava regulado a 15 °C e 60% de umidade relativa. Estas condições promoveram baixa variação do grau de umidade das sementes ao longo do armazenamento, independente da embalagem utilizada (Figura 7A).

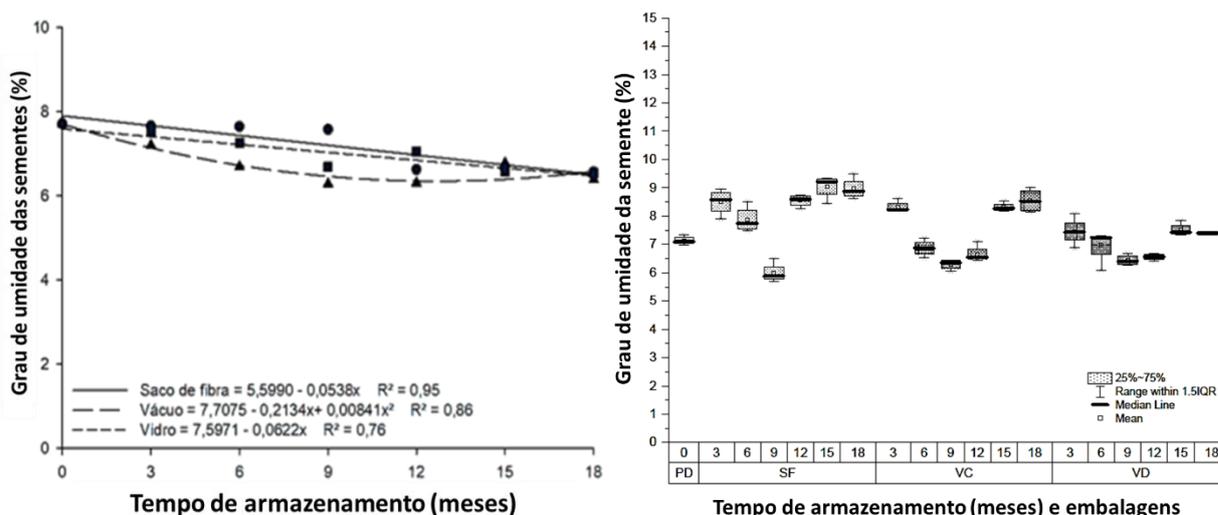


Figura 7 – Grau de umidade (%) das sementes de sachá-inchi em função do ambiente câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

De modo geral, ocorreram oscilações na umidade das sementes devido às condições de armazenamento. Carvalho e Nakagawa (2000) informam que, sementes por serem higroscópicas, tendem a sofrer alterações em seu grau de umidade durante o período de armazenamento, principalmente em ambientes não controlados. A influência da umidade do ambiente de armazenamento influencia de formas diferentes nas sementes, variando de acordo com a embalagem utilizada, seja permeável, semipermeável ou impermeável.

Harrington (1973) sugere, para sementes de espécies oleaginosas, o grau de umidade entre 4 a 9%, pois valores maiores fazem com que as sementes armazenadas em embalagens impermeáveis tenham deterioração mais rápida do que nas embalagens permeáveis. Para Carter (1978), não é indicado o armazenamento de oleaginosas com umidade superior a 8%, pois promove a atividade metabólica e o aquecimento da massa de sementes e a degradação das proteínas, dos carboidratos, dos fosfolípidios e proliferação de microrganismos, afetando a qualidade da semente.

5.1 Qualidade fisiológica das sementes de sachá-inchi no armazenamento

A análise da germinação e do índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de sachá-inchi armazenadas evidencia uma tendência de redução da qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento, independente do ambiente e das embalagens estudadas (Figura 8A e 8B). Essa redução é uma consequência do armazenamento de sementes, que ao longo do tempo resulta no declínio da velocidade e da uniformidade da germinação (BINGHAM, 1994).

Pesquisas são conduzidas com sementes de várias espécies abordando a redução da qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento em

diferentes ambientes e tipos de embalagem. Santos et al. (2019) armazenou sementes de *Ricinus communis* L. em câmara fria (10 °C) e armazém convencional (25 °C), por 12 meses, nas embalagens de saco de polietileno com e sem vácuo e embalagem de papel Kraft multifoliado. Estes autores descrevem que a embalagem de polietileno a vácuo, no ambiente de armazém, teve o melhor desempenho, alcançando 69,5% de germinação; e a embalagem de polietileno a vácuo, no ambiente de câmara fria, proporcionou a menor taxa de germinação, obtendo 42% aos 12 meses de armazenamento.

Sementes de *Jatropha curcas* L. foram armazenadas em ambientes de câmara fria (20 °C), geladeira (7 °C) e laboratório (25 °C), por 15 meses, com embalagens de saco plástico e alta densidade, envelope aluminizado e saco de papel multifoliado. Os autores relatam que a embalagem de polietileno, no ambiente de laboratório, obteve o melhor resultado, com 86% de germinação; e a embalagem em envelope de alumínio, o menor desempenho, também no ambiente de laboratório, com 54% de germinação aos 15 meses de armazenamento (JOSE et al., 2018).

Sementes de *Glycine Max* (CARVALHO et al., 2016) foram armazenadas em embalagem de papel multifoliado, big bag e contêiner de polietileno em ambiente sem controle de temperatura, por seis meses. Os autores relatam que a embalagem de papel multifoliado obteve o melhor resultado com 64% de germinação e a embalagem de contêiner em polietileno o menor desempenho com 30% de germinação, aos seis meses de armazenamento.

Sementes de *Gossypium hirsutum* L. foram armazenadas em ambientes com temperaturas controladas a 10 °C, 25 °C e 30 °C, em embalagem de papel

multifoliado por 12 meses. Os autores relatam que o ambiente regulado a 10 °C obteve os melhores resultados com 80% de germinação e o ambiente com 30 °C o menor desempenho com 60% de germinação, ambos, aos 12 meses de armazenamento. Estes estudos determinaram que ocorre redução do potencial fisiológico durante o armazenamento, em diferentes embalagens e ambientes, evidenciando a sua deterioração (OLIVEIRA et al., 2016).

De forma geral, no presente estado com sementes de sachá-inchi, o ambiente de câmara fria proporcionou melhor conservação do potencial fisiológico, quando comparado ao galpão. Segundo Marcos-Filho (2015), baixas temperaturas reduzem a velocidade de reações químicas como a reação de decréscimo do conteúdo de açúcares solúveis, de peroxidação dos lipídios, de desnaturação e a inativação de estruturas proteicas, além de reduzir a respiração, o que promove a longevidade das sementes.

Neste experimento, a germinação de sementes armazenadas em ambiente de câmara fria não indicou diferenças entre as embalagens, proporcionando pequena redução das médias obtidas durante o experimento, que variaram de 91 a 81%, aproximadamente (Figura 8A). Para o IVG, houve diferença entre as embalagens estudadas, onde a embalagem de saco de fibra determinou os maiores índices, indicando maior manutenção da qualidade fisiológica da semente (Figura 8B).

Essa diferença entre os testes pode ser explicada pela natureza do teste, pois, ao contrário do TG, o IVG considera a velocidade da germinação. A precocidade da germinação está relacionada ao tempo e a quantidade de energia consumida para a reativação do metabolismo e a atividade de mecanismos de reparo das membranas, somados a retomada da síntese de DNA e de proteínas.

Essa sequência de eventos e a quantidade de energia que consomem são maiores em sementes menos vigorosas, que resulta no atraso do processo de germinação e uma menor velocidade de crescimento (MARCOS-FILHO, 2015). Da mesma forma, Brigante (2013), em pesquisa com sementes de *Helianthus annuus*, armazenadas em câmara fria (10°C) por nove meses, utilizando embalagens de polietileno a vácuo e de papel kraft, não identificou diferenças entre as embalagens para a porcentagem de germinação (polietileno 76% e papel 69%) e para o IVE (polietileno 76,7 % e papel 77,2 %) nestas condições.

Resultado similar foi encontrado por Jose et al. (2018) em trabalho realizado com sementes de *Jatropha curcas*, armazenadas por 15 meses em refrigerador (7°C), utilizando embalagem de polietileno, envelope aluminado e papel Kraft. As embalagens apresentaram desempenho igual até os nove meses de armazenamento, se diferenciando no armazenamento de 15 meses, onde as embalagens de envelope aluminado e papel Kraft proporcionaram o melhor desempenho e foram iguais estatisticamente, com 77% e 80% de germinação, respectivamente, e o menor desempenho foi da embalagem de polietileno a vácuo com 70% de germinação.

Santos et al. (2016), com sementes de *Ricinus communis* armazenadas por 12 meses em câmara fria (10°C), utilizando embalagem de papel kraft e polietileno com e sem vácuo, relatam que as embalagens apresentaram desempenho igual até o quarto mês de armazenamento, mas diferenciando no oitavo e décimo segundo mês de armazenamento. Neste último, as embalagens de polietileno com e sem vácuo tiveram o mesmo desempenho, proporcionando as maiores médias, com 62% e 55%

de germinação e o menor desempenho foi da embalagem de papel kraft com 47% de germinação.

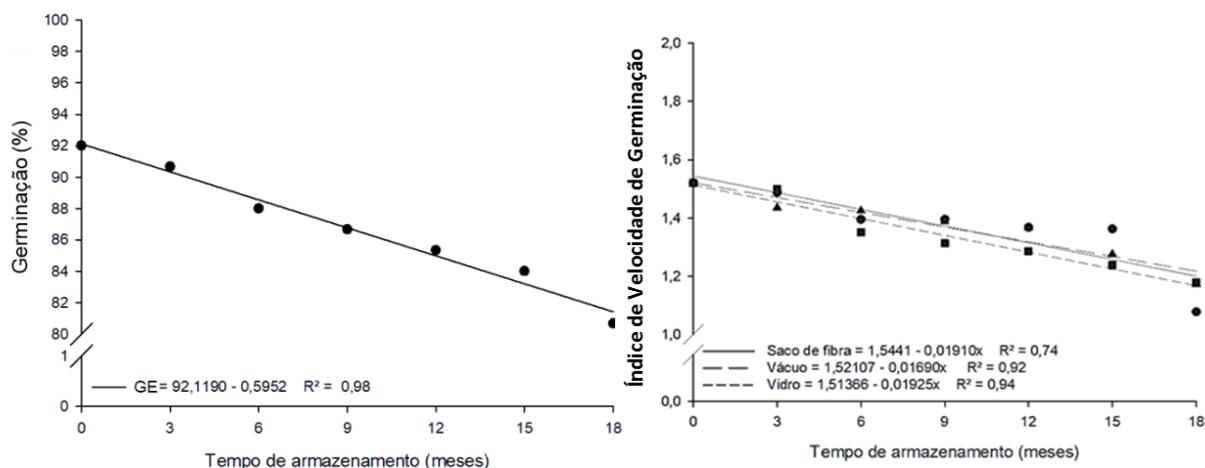


Figura 8 – Germinação (%) de sementes (A); Índice de velocidade de germinação (B) de sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de câmara fria nas embalagens de saco de fibra (SF), polietileno a vácuo (VC) e vidro (VD). Manaus, AM.

No ambiente de galpão, a embalagem de vidro possibilitou ocorrência de germinação das sementes durante todo o experimento, com germinação média de 85% aos três e seis meses de armazenamento, e 30% aos 18 meses. Para a embalagem de polietileno a vácuo ocorreu germinação de 85% aos três meses de armazenamento e reduziu para 30% aos nove meses, chegando a perder totalmente a capacidade de germinação a partir do décimo segundo mês. A embalagem de saco de fibra de ráfia obteve menores médias de germinação, não conservando o potencial fisiológico das sementes armazenadas, proporcionando, apenas, 9% de germinação aos três meses de armazenamento (Figura 9A).

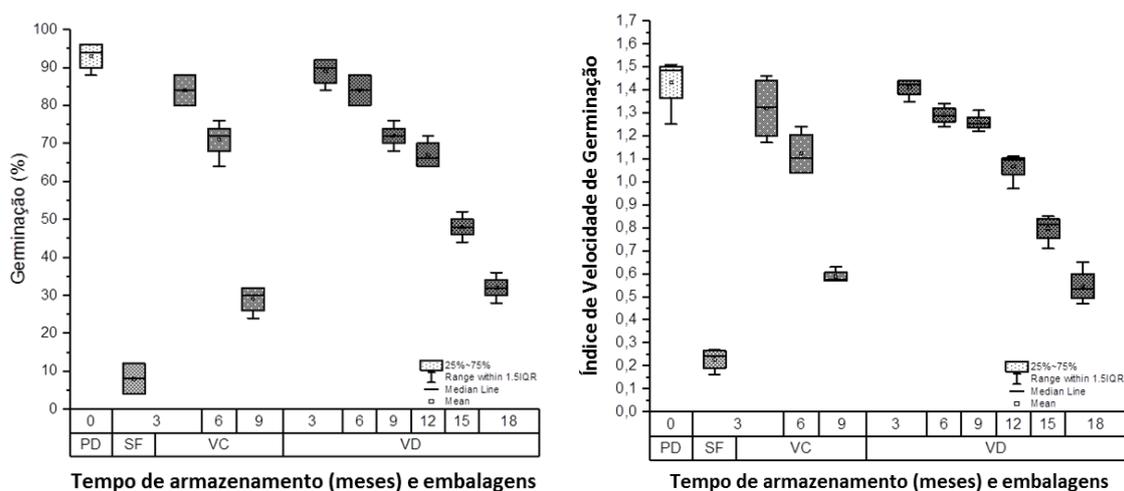


Figura 9 – Germinação (%) de sementes (A); Índice de velocidade de germinação (B) de sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de galpão. PD – testemunha, SF- saco de fibra, VC - polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Esses dados reforçam que, o armazenamento de sementes em ambientes sem controle da temperatura promove a deterioração das sementes. A embalagem de vidro ofereceu proteção à semente, sobre a variação de temperatura do ambiente, conseguindo conservar seu potencial fisiológico até o sexto mês de armazenamento. As embalagens de saco de fibra e polietileno não protegeram as sementes da oscilação de temperatura do ambiente, o que favoreceu os processos de deterioração das sementes, resultando em baixa porcentagem de germinação. Matthews (1985), explica que o resultado da deterioração das sementes é a baixa expressão da porcentagem de germinação do estande, devido aos danos celulares contínuos e irreversíveis, que culminam com a morte da semente.

Oliveira et al. (2016), em sementes de *Gossypium hirsutum* armazenadas, por 12 meses, em câmara climatizada regulada a 30°C, com sacos de papel multifoliado, relatam que esta temperatura de armazenamento acelera os processos de alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas resultando na deterioração das sementes.

Resultado similar foi encontrado por Lima et al. (2014), em pesquisa com sementes de *Helianthus annuus*, armazenadas em galpão (30°C), utilizando embalagens de papel multifoliado, de polietileno preto e de garrafa pet, por um período de 12 meses. Nenhuma das embalagens utilizadas conservou o potencial fisiológico das sementes, registrando médias de germinação inferior a 20% aos três meses de armazenamento. Santos et al. (2019) em pesquisa com sementes de *Ricinus communis* armazenadas em laboratório (25°C) com embalagens de papel Kraft e de polietileno com e sem vácuo, descrevem que, a embalagem de polietileno a vácuo obteve as melhores médias, com 69% de germinação, e o menor resultado foi para a embalagem de papel Kraft, com 51% de germinação, aos 12 meses de armazenamento.

Os testes de emergência e índice de velocidade de emergência evidenciaram nos ambientes de galpão e câmara fria, uma tendência de redução da qualidade de sementes de sachá-inchi em todas as embalagens utilizadas. No teste de emergência das sementes armazenadas em câmara fria, não houve diferença entre as embalagens para o desempenho das plântulas, proporcionando médias superiores a 90% aos três e seis meses de armazenamento, e mesmo aos 18 meses de armazenamento as médias foram superiores a 80% de emergência (Figura 10A). Neste mesmo ambiente, para o IVE o desempenho das plântulas foi influenciado pela embalagem utilizada, e o saco de fibra proporcionou os melhores índices, já as embalagens de vidro e de polietileno a vácuo tiveram desempenho igual entre si (Figura 10B).

Em contrapartida, Santos et al. (2019) para o teste de emergência com sementes de *Ricinus communis*, em câmara fria (10°C), encontraram diferenças aos

12 meses de armazenamento, entre as embalagens de papel kraft, de polietileno com e sem vácuo, onde essa última proporcionou os melhores resultados, com 56% de emergência. A embalagem de polietileno com vácuo obteve o pior desempenho com 33% de emergência aos 12 meses de armazenamento. Em relação ao IVE o melhor resultado ocorreu com a embalagem de papel Kraft que obteve 1,90 e o pior resultado foi de 0,96 para a embalagem de polietileno a vácuo.

Resultados divergentes, também foram relatados por Santos et. (2016), em pesquisa com sementes de *Ricinus communis*, armazenadas por 12 meses em câmara fria (10 °C), nas embalagens de papel kraft e de polietileno com e sem vácuo, onde a embalagem de polietileno sem vácuo obteve o melhor resultado com 65% de emergência. As embalagens de papel multifoliado e polietileno com vácuo foram iguais, obtendo os menores resultados com 51 e 49%, respectivamente, de emergência aos 12 meses de armazenamento. Em relação ao IVE, as embalagens de papel Kraft e de polietileno sem vácuo foram iguais, obtendo as melhores médias 3,31 e 2,94, respectivamente. A embalagem de polietileno á vácuo proporcionou o menor resultado (1,60) em sementes armazenadas por 12 meses.

Pinto Júnior et al. (2012) com sementes de *Jatropha curcas*, relatam diferenças entre as embalagens de papel Kraft, de polietileno e de vidro para a variável de IVE, aos seis meses de armazenamento em ambiente a 14°C. A embalagem de papel Kraft obteve os maiores índices (2,48), em semelhança com esta pesquisa com sachá-inchi que obteve melhores resultados com a embalagem de saco de fibra, ambas são classificadas como embalagens permeáveis, por possibilitar a troca de vapor de água entre as sementes e ambiente.

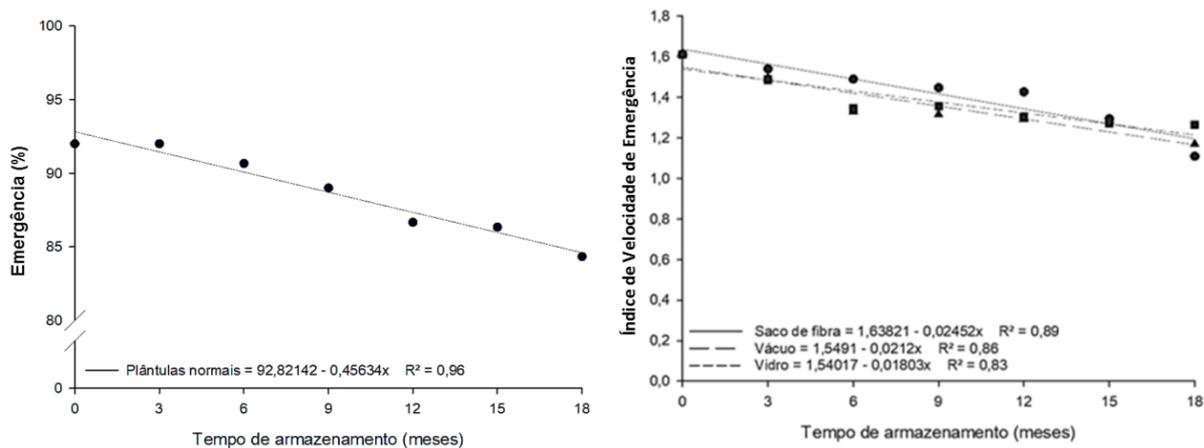


Figura 10 – Emergência (%) das sementes (A); Índice de velocidade de emergência das plântulas (B) das sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de câmara fria nas embalagens de saco de fibra (SF), polietileno a vácuo (VC) e vidro (VD). Manaus, AM.

Para o ambiente de galpão houve diferença entre as embalagens no teste da emergência, onde a embalagem de vidro proporcionou ocorrência de emergência até a última avaliação, aos 18 meses. Importante destacar que, aos 12 meses de armazenamento ocorreram médias de 80% de emergência e para as avaliações de 15 e 18 meses houve acentuada redução dos valores obtidos, alcançando médias inferiores a 20% de emergência (Figura 11A).

No galpão, as embalagens de saco de fibra e polietileno a vácuo afetaram negativamente a qualidade das sementes, obtendo emergência somente aos três e aos seis meses de armazenamento. É importante observar que a conservação do potencial fisiológico, proporcionada pelas embalagens de saco de fibra e a vácuo, aos três meses de armazenamento, é significativamente inferior à proporcionada pela embalagem de vidro aos doze meses de armazenamento (Figura 11A). Para o IVE, neste ambiente, também ocorreu diferença entre as embalagens, onde o vidro proporcionou os melhores valores. O saco de fibra e de polietileno a vácuo

expressaram resultados apenas aos três e seis meses de armazenamento, respectivamente, evidenciando a deterioração das sementes. (Figura 11B).

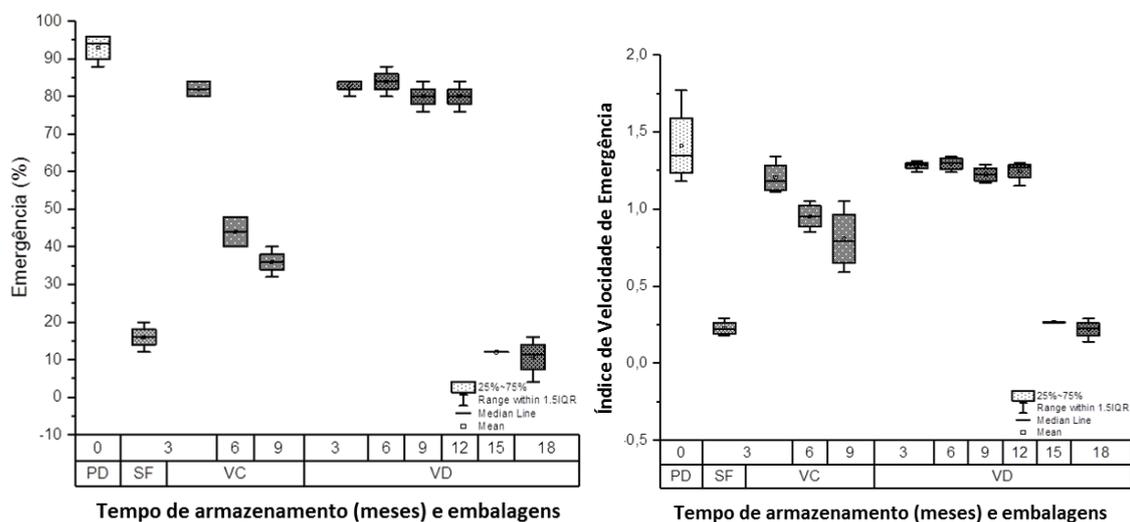


Figura 11 – Emergência (%) das sementes (A); Índice de velocidade de emergência das plântulas (B) das sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de galpão. PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Resultados discordantes, para IVE, foram encontrados por Pinto Junior (2012), em pesquisa com sementes de *Jatropha curcas* armazenadas em ambiente sem controle de temperatura (10 a 29 °C) utilizando embalagens de papel, de polietileno e de vidro, onde constatou que as embalagens não apresentaram diferenças entre si.

Resultados similares foram encontrados por Pereira et al. (2013) para sementes de *Jatropha curcas* armazenadas em ambiente de laboratório (25°C), por 12 meses, utilizando embalagem de papel kraft, de polietileno e tambor de papelão, onde relatam que esta última embalagem proporcionou as melhores médias para emergência no décimo segundo mês de armazenamento.

Santos et al. (2019), investigaram a influência do armazenamento de sementes de *Ricinus communis* nas embalagens de papel kraft e de polietileno com e sem vácuo, em armazém convencional (25°C) pelo período de 12 meses. Para a emergência das plântulas as maiores médias (54%) foram obtidas pela embalagem de polietileno a vácuo e para o IVE a embalagem de saco de papel Kraft obteve o maior índice (2,09) ao final do experimento.

Pela análise de massa seca de plântulas foi evidenciada uma tendência de redução da qualidade fisiológica das sementes com o decorrer do armazenamento, independente do ambiente e das embalagens testadas. De modo geral, em comparação com o galpão, as condições da câmara fria proporcionaram maior acúmulo de massa seca nas plântulas. Neste ambiente, as embalagens de saco de fibra e polietileno a vácuo promoveram redução da massa seca das plântulas, e na embalagem de vidro os resultados permaneceram estáveis ao longo do armazenamento (Figura 12A).

As condições do galpão resultaram baixa incorporação de massa seca nas plântulas em todas as embalagens testadas, além de limitar a germinação aos três e seis meses de armazenamento no saco de fibra e no de polietileno a vácuo, respectivamente (Figura 12B). Resultados divergentes são relatados por Masetto e Gonçalves (2017) com sementes de *Glycine max* em embalagens de papel multifoliado e polietileno transparente, armazenadas por 200 dias, em ambiente com condições não controladas (± 20 ° C) e em câmara fria (17 °C), onde a embalagem de papel proporcionou as maiores médias de massa seca para as sementes armazenadas, nos dois ambientes.

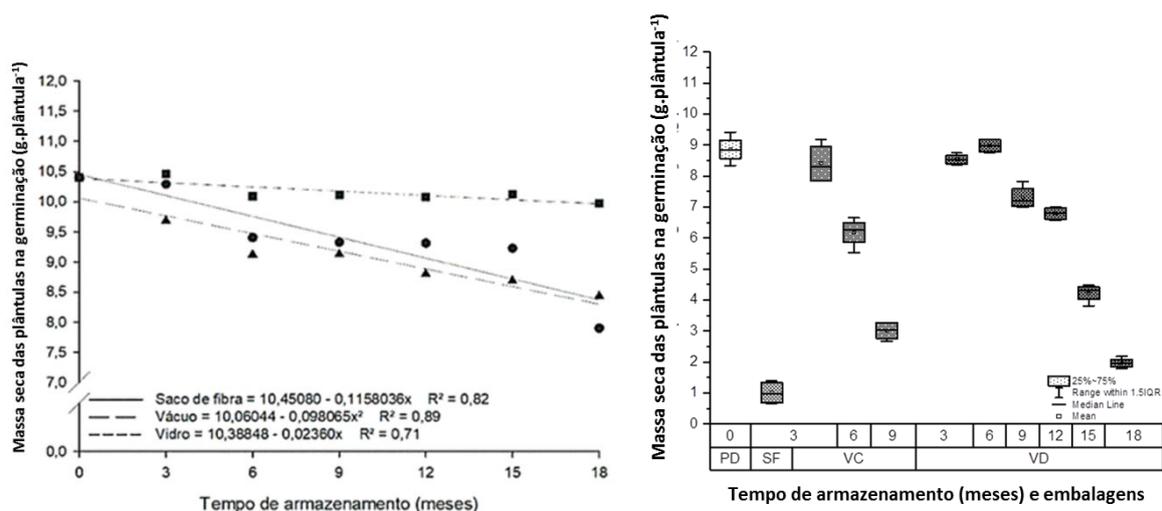


Figura 12 – Massa seca das plântulas de sachá-inchi provenientes do teste de germinação das sementes armazenadas em ambiente de câmara fria (A) e galpão (B). PD – testemunha, SF- saco de fibra, VC - polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Essa redução da massa seca de plântulas ocorre devido ao processo de envelhecimento natural das sementes, ocasionado por alterações da atividade bioquímica, principalmente na atuação de enzimas responsáveis pela conversão das reservas para nutrir o embrião. Isto acontece quando há maior consumo de energia para as atividades de reparo dos danos celulares causados durante o armazenamento, culminando em prejuízos no desenvolvimento das plântulas. Desta forma, sementes de baixa qualidade originam plântulas menos desenvolvidas, como expressão do progresso da sua deterioração, refletindo a ineficiência da ação dos mecanismos de reparo, de mobilização de reservas e de síntese de novos tecidos durante a germinação e desenvolvimento das plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; GUEDES et al., 2009; MARCOS-FILHO, 2015).

Na condutividade elétrica foi verificado tendência de aumento dos valores nas sementes de sachá-inchi, com o decorrer do tempo de armazenamento, evidenciando diferenças entre os ambientes e as embalagens utilizadas. No

ambiente de câmara fria, as sementes embaladas em saco de polietileno a vácuo lixiviaram menos eletrólitos, em comparação, com as sementes embaladas em saco de fibra e em vidro, indicando que a restrição de oxigênio no armazenamento, em ambiente de baixa temperatura, propicia resultados positivos na conservação de sementes de sachá-inchi (Figura 13A).

No entanto, esse resultado não coincidiu com os expressos pelo índice de velocidade de emergência no ambiente de câmara fria, outro teste de vigor realizado neste experimento, onde os melhores resultados foram alcançados através da embalagem de saco de fibra. Mas, é importante destacar que, no teste de emergência não ocorreu diferença entre as embalagens testadas no ambiente de câmara de fria.

Para o ambiente de galpão as embalagens de saco de fibra e de polietileno a vácuo proporcionaram menores resultados de condutividade elétrica, evidenciando menor lixiviação de eletrólitos nas sementes armazenadas. No entanto, é importante observar que, para a avaliação do teste de emergência e para o IVG, no ambiente de galpão, o melhor resultado foi obtido no armazenamento em embalagem de vidro, por proporcionar germinação das sementes, aos 18 meses de armazenamento (Figura 13B).

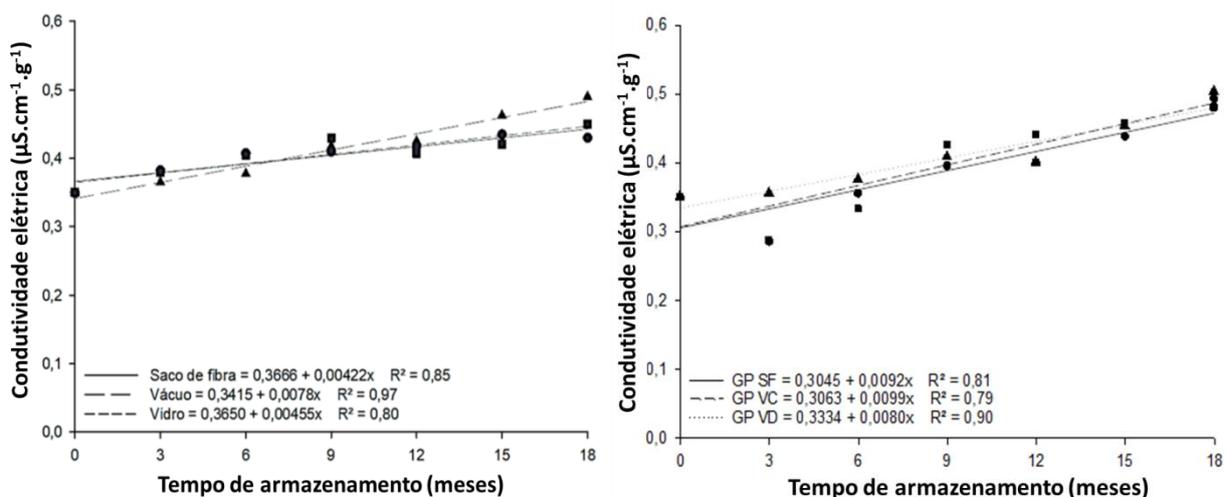


Figura 13 – Condutividade elétrica em sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de câmara fria (A) e de galpão (B) nas embalagens de saco de fibra (SF), polietileno a vácuo (VC) e vidro (VD). Manaus, AM.

Resultados divergentes são descritos por Dias et al. (2016), com sementes de *Jatropha curcas* armazenadas por 12 meses, em câmara fria (10 °C), onde relatam que, através do teste de condutividade elétrica, constataram que a embalagem de papel Kraft influenciou negativamente o vigor das sementes e que a embalagem de polietileno conservou o potencial germinativo até os 12 meses de armazenamento. Os mesmos autores descrevem que, no teste de emergência (outro teste de vigor) não houve diferença entre as embalagens para o vigor das sementes ao final do experimento.

Carvalho et al. (2016), através do teste de condutividade elétrica, com sementes de *Glycine max* armazenadas por oito meses em ambiente de armazém, sem controle de temperatura e umidade, relatam não haver diferenças entre as embalagens de container em polietileno, de big bag e de sacos de papel na conservação do vigor das sementes. Estes autores, também descrevem que, na avaliação do teste de emergência a embalagem de sacos de papel (86%) e

container de polietileno (87%) foram iguais e apresentam os melhores resultados, enquanto a embalagem big bag (81%) obteve um desempenho inferior.

Em relação ao ambiente de armazenamento Goneli et al. (2018) trabalharam com sementes de *Ricinus communis* armazenadas por seis meses, em ambientes com temperatura a 15 e 35 °C, em sacos de juta. Através do teste de condutividade elétrica determinaram que o ambiente a 15 °C proporcionou menor lixiviação de eletrólitos, devido a melhor conservação das sementes. Já o ambiente a 35 °C proporcionou maior lixiviação de eletrólitos, devido a maior deterioração das sementes durante o armazenamento.

5.2 Teor de óleo nas sementes de sachá-inchi no armazenamento

Em análise do teor de óleo das sementes de sachá-inchi, armazenadas em embalagem de saco de fibra, de saco de polietileno a vácuo e de vidro, nos ambientes de câmara fria e galpão, pode ser observado uma tendência de redução desta variável durante o armazenamento. Essa tendência mostra-se tênue no ambiente de câmara fria e mais evidente no ambiente de galpão, e pode ser atribuída ao fato deste último não apresentar controle de umidade e temperatura, afetando diretamente o teor de óleo das sementes (Figura 14A e 14B).

Essa influência no teor de óleo é uma consequência do armazenamento, que ao longo do tempo resulta no declínio do vigor das sementes, e principalmente de oleaginosas, devido à oxidação e redução dos lipídios (OLIVEIRA et al., 2016). Essa redução foi constatada em sementes de *Gossypium hirsutum* (OLIVEIRA, 2012), *Helianthus annuus* (BRIGANTE, 2013), *Crambe abyssinica* (DONADON et al., 2015), *Gossypium hirsutum* (OLIVEIRA et al., 2016), *Ricinus communis* (SANTOS et al.,

2019), onde relatam decréscimo no teor de óleo das sementes durante o armazenamento, tanto em câmara fria como em condições naturais.

O armazenamento em câmara fria, das sementes de sachá-inchi, proporcionou melhor conservação do teor de óleo, independente da embalagem utilizada, quando comparada com o ambiente de galpão (Figura 14A). Esse resultado ocorre devido às reações de peroxidação e autooxidação dos lipídios serem catalisadas pelo calor, que no ambiente de câmara fria foi reduzido, resultando na diminuição da velocidade de decomposição dos lipídios (MARCOS-FILHO, 2015). A autooxidação dos lipídios envolve uma sequência de reações não catalisadas por enzimas, já a peroxidação atua através de enzimas hidrolíticas e é citada como a causa mais frequente da deterioração dos lipídios (McDONALD, 1999).

Resultados semelhantes foram obtidos para sementes de *Helianthus annuus* (BALESEVIC-TUBIC et al., 2007), armazenadas em câmara fria por 12 meses, onde não ocorreu mudança significativa no teor de óleo. Para sementes de *Crambe abyssinica* (DONADON et al., 2015), armazenadas em ambiente regulado a 10°C, por nove meses, em embalagens de garrafa de polietileno de alta densidade e embalagens laminadas, também não observaram mudanças significativas no teor de óleo. Corroborando com esses resultados, Oliveira et al. (2016) relataram que sementes de *Gossypium hirsutum* armazenadas em ambiente regulado a 10 °C, por 12 meses, em embalagem de papel multifoliado não obteve redução significativa do teor de óleo das sementes.

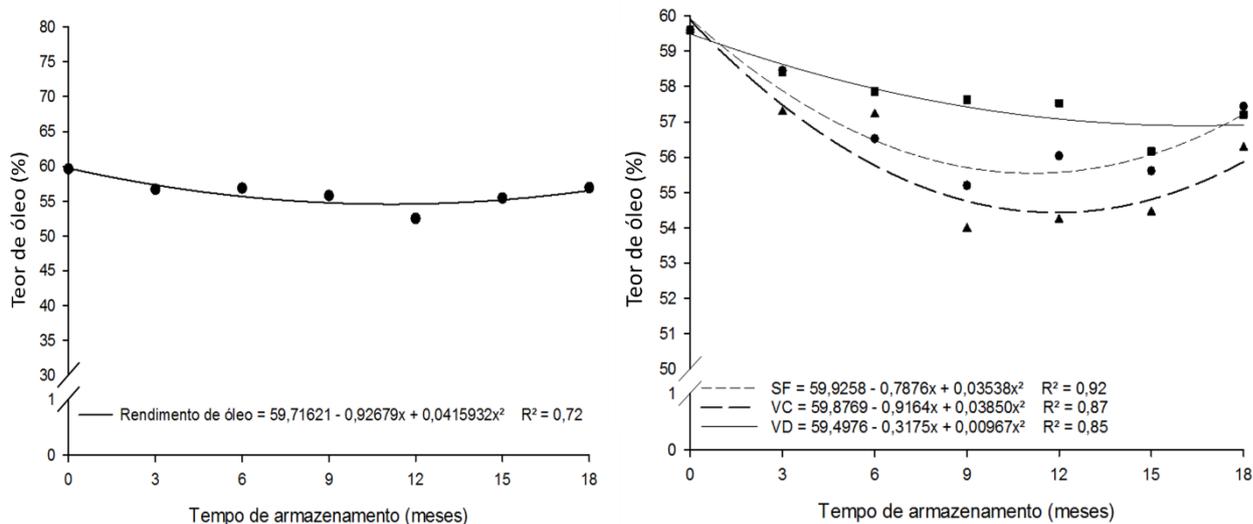


Figura 14 – Teor de óleo (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em ambiente de câmara fria (A) e de galpão (B), em embalagens de saco de fibra (SF), polietileno a vácuo (VC) e vidro (VD). Manaus, AM.

Para as sementes de sachá-inchi, armazenadas no ambiente de galpão, foi registrada tendência de redução teor de óleo e, também, diferença entre as embalagens utilizadas ao final de 18 meses de armazenamento. Neste ambiente, a embalagem de vidro proporcionou maior estabilidade dos dados, enquanto que a embalagem de saco de fibra e polietileno a vácuo obteve maior declínio na curva do teor de óleo das sementes (Figura 14B). Esses resultados podem ser explicados pelo maior impacto que um ambiente, sem o controle de temperatura e umidade, exerce nos processos fisiológicos das sementes.

De acordo com Marcos-Filho (2015), essa redução é proporcionada pela hidrólise dos lipídios através da ação das lipases que é acelerada com a elevação do grau de umidade das sementes e da temperatura no ambiente de armazenamento. Beratlief e Iliescu (1997) também relatam que, ao se elevar a temperatura e a umidade durante o armazenamento, as enzimas que participam do metabolismo dos lipídios passam a usá-los no processo de respiração celular, o que

resulta na redução do teor de óleo das sementes. Oliveira et al., (2016) descrevem que, o teor de óleo e o vigor das sementes de *Gossypium hirsutum*, mantidas a 30 °C, por 12 meses, em embalagens de papel multifoliado, diminuíram mais rapidamente que nas sementes armazenadas a 10 °C, devido esta variável ser significativamente influenciada pelas condições de armazenamento.

Os resultados obtidos na análise do teor de óleo são consistentes com os do teste de germinação e do teste de emergência das sementes de sachá-inchi, onde pode ser observado que, ao longo do armazenamento houve redução do teor do óleo, da germinação e do vigor das sementes, independente da embalagem utilizada. Essa relação entre redução do teor de óleo e qualidade fisiológica das sementes também foi observado em outras espécies oleaginosas como *Glycine Max* (BALESEVIC-TUBIC et al., 2005), *Helianthus annuus* (SHARMA et al., 2011) e *Gossypium hirsutum* (OLIVEIRA et al., 2016). Esse declínio da qualidade das sementes influenciada pela redução dos lipídios durante o armazenamento é devido às alterações estruturais nos ácidos graxos presentes nas membranas das organelas e das células e, também, dos tecidos de reserva (MARCOS-FILHO, 2015).

5.3 Quantificação dos ácidos graxos em sementes de sachá-inchi armazenadas

Na composição dos ácidos graxos das sementes de sachá-inchi foram determinados seis tipos de ácidos graxos, divididos em insaturado, saturados, e insaturado trans e seus respectivos teores (%) (Tabela 1).

Tabela 1 – Perfil geral dos ácidos graxos e seus teores em sementes de sachá-inchi não armazenadas.

Compostos	Tipo	Teor (%)
Ácido linolênico	Insaturado	46,91
Ácido Linoleico	Insaturado	34,09
Ácido Oleico	Insaturado	10,12
Ácido palmítico	Saturado	4,31
Ácido esteárico	Saturado	3,97
Ácido Elaídico	Insaturado trans	0,61
Σ ácidos graxos saturados		8,27
Σ ácidos graxos insaturados		91,73

Na determinação da composição dos ácidos graxos das sementes de sachá-inchi a maior proporção encontrada foi de ácidos graxos insaturados (linolênico, linoleico e oleico) na ordem de 91,12% da composição do óleo. A segunda maior proporção foi de ácidos graxos saturados (palmítico e esteárico) com 8,28%, que também podem ser somados ao ácido elaídico (0,61%), embora classificado como insaturado trans, apresenta as mesmas características dos ácidos graxos saturados (Tabela 1).

Todos esses ácidos graxos, além de estarem presentes nas sementes de sachá-inchi, também são descritos em análise de perfil lipídico de outras oleaginosas (Tabela 2). Nestas análises pode ser observado que as sementes oleaginosas, de forma geral, possuem menor taxa de ácidos graxos saturados e elevado teor de ácidos graxos insaturados. Estes lipídios, devido a sua insaturação, são mais instáveis e suscetíveis ao processo de deterioração em comparação com os demais. Devido esta instabilidade, sementes oleaginosas com elevados teores desses ácidos graxos são mais suscetíveis ao processo de deterioração (FEHR, 2007).

Tabela 2 – Perfil geral dos ácidos graxos e seus teores em sementes de *Plukenetia volubilis* e outras oleaginosas.

Espécie	Ácidos graxos (%)							Referências
	Linolênico	Linoléico	Oleico	Palmítico	Esteárico	Eláidico	Outros	
<i>Plukenetia volubilis</i>	45,2	36,8	9,6	-	-	-	8,4	Hamaker et al. (1992)
<i>Plukenetia volubilis</i>	50,73	33,67	8,77	3,79	-	-	3,04	Bondioli; Della-Bella (2006)
<i>Plukenetia volubilis</i>	46,8	36,2	9	4,3	3	-	0,7	Fanali et al. (2011)
<i>Plukenetia volubilis</i>	50,8	33,4	9,1	4,4	2,3	-	0	Gutiérrez et al. (2011)
<i>Plukenetia volubilis</i>	47,04	34,98	8,58	3,98	3,12	-	2,3	Carrillo et al. (2018)
<i>Jatropha curcas</i>	0,2	33,8	44,8	13,2	6,6	-	1,4	Casarini et al. (2007)
<i>Helianthus annuus</i>	-	45,35	49,02	4	1,47	-	0,16	Correia et al. (2010)
<i>Glycine max</i>	4,7	50,4	26,8	10,8	4	-	3,3	Fuentes (2011)
<i>Gossypium hirsutum</i>	-	58,7	14,2	23,3	2,14	-	1,66	Gondim-Tomaz et al. (2016)

A deterioração dos ácidos graxos insaturados é mais acentuada devido às duplas ligações de carbonos que sofrem maior ataque pelos agentes oxidantes (EROS – espécies reativas de oxigênio). Esses agentes são átomos ou grupos de átomos com um ou mais elétrons não pareados produzidos por oxidação ou via enzimática. Entre os agentes oxidantes são encontrados superóxido (O_2^-), hidroperóxido (HO_2) hidroxila (OH) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (NORDBERG; ARNER, 2001). Esses agentes iniciam sua atuação sobre ácidos graxos insaturados, liberando H^+ do grupo metileno que fica adjacente à dupla ligação. Assim, as cadeias de ácidos graxos sofrem alteração degenerativa reduzindo os

lipídios de reserva e, também, alterando a estrutura das membranas da célula e de suas organelas (MARCOS-FILHO, 2015).

Devido à ação dos agentes oxidantes iniciarem pela dupla ligação dos ácidos graxos insaturados, uma escala de estabilidade desses lipídios se fundamenta no número de dupla ligação entre carbonos que cada ácido graxo possui. Assim, o ácido graxo polinsaturado oleico (18:1), apesar de ser menos estável que os ácidos graxos saturados (18:0), são dez vezes mais estáveis que o ácido linoleico (18:2) e vinte vezes mais estável do que o linolênico (18:3) (ALONSO; MAROTO et al., 2000). O ácido graxo elaídico (C18:1 *trans*) é um isômero do ácido graxo oléico, essa alteração de configuração o torna semelhante aos ácidos graxos saturados, tornando mais estável (MORAES, 1999).

Essa relação entre teor de lipídios influenciando na suscetibilidade das sementes é descrita para inúmeras espécies de oleaginosas, como *Gossypium hirsutum* (BALESEVIC-TUBIC et al., 2007), *Gossypium hirsutum* (OLIVEIRA, 2012), *Helianthus annuus* (ABREU et al., 2013), *Ricinus communis* (SANTOS et al., 2019) armazenadas por 12 meses, onde é relatado a redução do teor de lipídios e do potencial fisiológico da semente ao longo do armazenamento. Resultado divergente a estes foi descrito para sementes *Helianthus annuus*, onde afirma que os teores de ácidos graxos oleico não influenciaram na qualidade das sementes armazenadas por nove meses (BRIGANTE, 2013).

Em pesquisa sobre a conservação de sementes de oleaginosas é importante observar a proporção dos ácidos graxos, principalmente o linolênico, o linoleico e o oleico que são responsáveis pela estabilidade oxidativa das sementes. Esta relação do ácido graxo com a estabilidade ocorreu, pois, quanto maior o teor de ácido oleico

maior a estabilidade dos lipídios e quanto maior o teor de ácido linolênico e linoleico menor a estabilidade dos lipídios contidos nas sementes (COSTA; ZAGONEL, 2009; WARNER; FEHR, 2008).

a) Ácido α -linolênico (18:3)

O ácido α -linolênico é o ácido graxo em maior quantidade nas sementes de sachá-inchi, com teor médio superior a 45% (Tabela 1). Este ácido graxo possui menor estabilidade devido suas insaturações, o que aumenta sua propensão ao ataque dos agentes oxidantes, provocando a destruição das membranas celulares e de suas organelas. Essa interferência na integridade das membranas afeta principalmente as mitocôndrias, provocando redução da atividade respiratória o que resulta na degradação da semente (ALONSO; MAROTO et al, 2000; MARCOS-FILHO, 2015).

A análise do comportamento do ácido α -linolênico nas sementes de sachá-inchi armazenadas em embalagens de saco de fibra, de saco de polietileno a vácuo e de vidro, em ambiente de galpão e de câmara fria, aponta redução de seu teor durante o armazenamento, em todas as embalagens utilizadas. Para o ambiente de câmara fria as embalagens diferiram entre si, onde a embalagem de saco de fibra obteve os melhores resultados por proporcionar maior estabilidade do teor de ácido linolênico durante o período de armazenamento. Já a embalagem de vidro resultou em menor estabilidade deste ácido graxo, tendo o desempenho mais desinteressante durante os 18 meses de armazenamento (Figura 15A).

Para o ambiente de galpão também houve diferenças entre as embalagens, assim como no ambiente de câmara fria ocorreu uma tendência de diminuição dos teores do ácido α -linolênico nas sementes de sachá-inchi. Pode ser observado que a

embalagem de vidro proporcionou a menor redução deste ácido graxo, enquanto que, na embalagem de saco de fibra houve uma redução mais acentuada durante o período de armazenamento (Figura 15B).

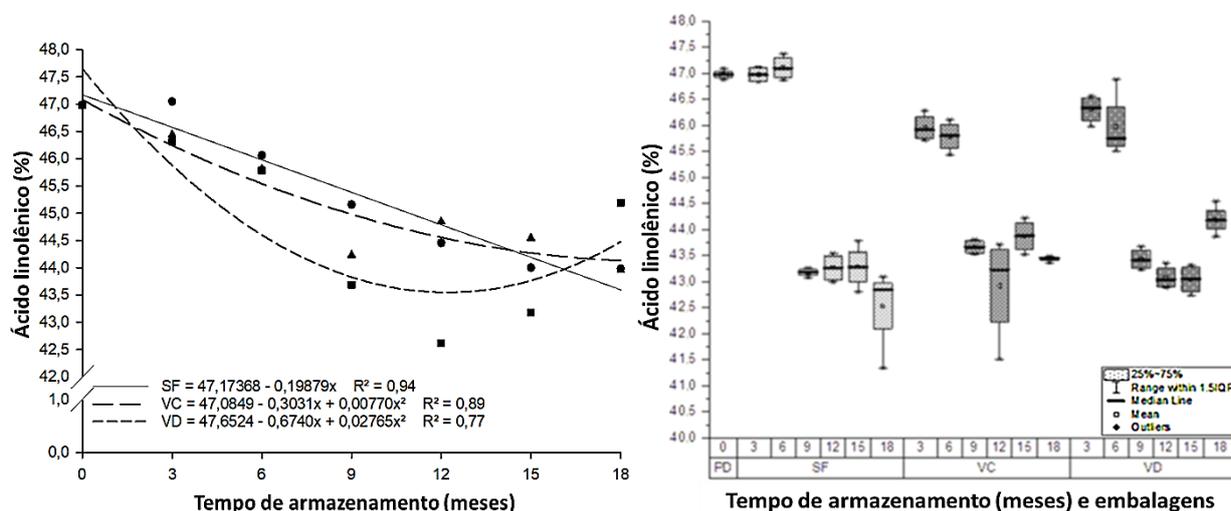


Figura 15 – Teor de ácido α -linolênico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Para o ambiente de câmara fria, ao se comparar o resultado do teor de ácido α -linolênico com o resultado do teste de germinação e de emergência, percebe-se que houve divergência dos dados em relação ao tipo de embalagem utilizada. Neste ambiente, para os testes de qualidade fisiológica das sementes, as embalagens foram iguais, mas, para o teor de ácido graxo as embalagens foram diferentes, onde a embalagem de saco de fibra proporcionou os melhores resultados. Também foram semelhantes os dados dos testes de qualidade das sementes com a quantificação do ácido α -linolênico, mostrando redução da germinação, do vigor e, também, do teor de ácido graxo nas sementes de sachá-inchi armazenadas (FIGURA 15A). Estes resultados indicam que, no ambiente de câmara fria, há relação entre a

redução do teor de ácido α -linolênico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

No ambiente de galpão houve semelhança entre os testes de germinação e de vigor com a quantificação do ácido α -linolênico, onde houve diferença entre as embalagens utilizadas. A embalagem de vidro proporcionou os melhores resultados de germinação, de emergência, e a embalagem de polietileno a vácuo proporcionou melhores resultados do teor de ácido α -linolênico. Para a embalagem do saco de fibra houve redução da germinação, do vigor e do teor de ácido graxo das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento (Figura 15B). Estes resultados apontam que, no ambiente de câmara fria e de galpão, existe relação entre a redução do teor de ácido α -linolênico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

b) Ácido linoleico (18:2)

O ácido linoleico é o segundo maior teor de ácidos graxos nas sementes de sachá-inchi, com teor médio de 34%, aproximadamente (Tabela 1). Ele possui maior estabilidade que o ácido linolênico e menor que o ácido oleico, tendo propensão ao ataque por agentes oxidantes. Esta característica dificulta o armazenamento, independente do ambiente, de sementes com alto teor deste ácido graxo, contribuindo para uma menor manutenção da qualidade da semente (MARCOS-FILHO, 2015).

Nos ambientes de câmara fria e galpão ocorreu aumento do teor de ácido linoleico das sementes em todas as embalagens utilizadas no armazenamento. Nos dois ambientes ocorreram diferença entre as embalagens adotadas, onde a embalagem de vidro proporcionou os resultados mais estáveis e as embalagens de

saco de fibra e polietileno a vácuo proporcionaram resultados mais inconstantes para o teor de ácido linoleico (Figura 16A e 16B). Resultado divergentes são descritos por Oliveira et al. (2016) com sementes de *Gossypium hirsutum* armazenadas com embalagem de papel multifoliado, em ambientes regulados a 10 e 30 °C, por 12 meses. Os autores descrevem que, nos dois ambientes, os valores praticamente não alteraram, mostrando tendência de estabilidade do ácido linoleico das sementes durante o armazenamento.

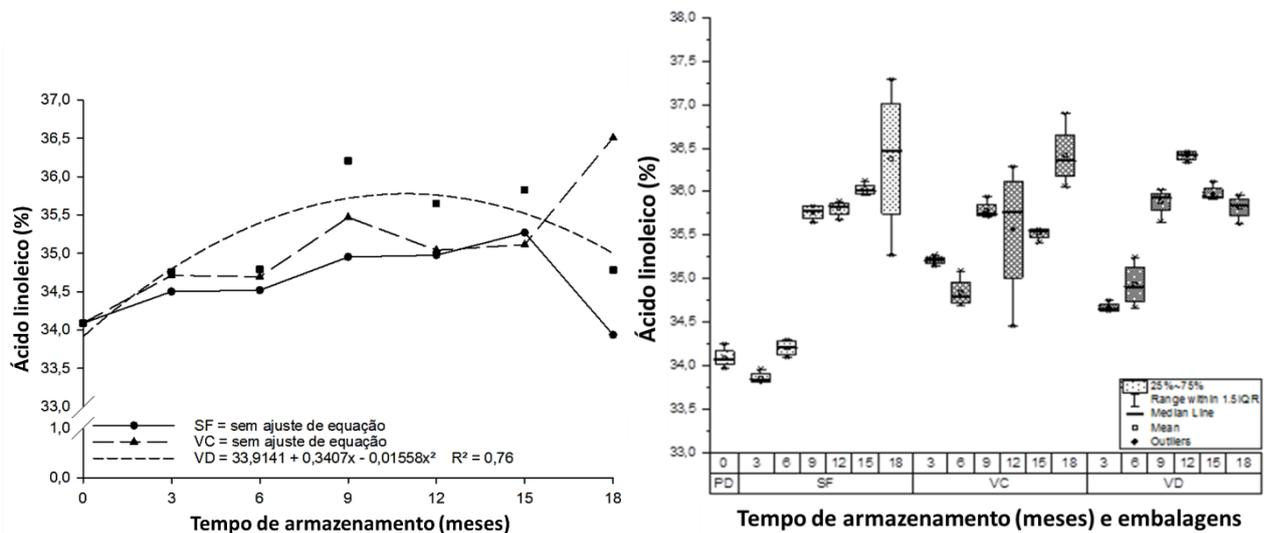


Figura 16 – Teor de ácido linoleico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Para o ambiente de câmara fria, ao se comparar o resultado do teor de ácido linoleico com o resultado do teste de germinação e de emergência, percebe-se que houve divergência dos dados em relação ao tipo de embalagem utilizada. Para os testes de qualidade das sementes, as embalagens foram iguais, mas, para o teor de ácido graxo as embalagens foram diferentes, e a embalagem de vidro proporcionou os melhores resultados. No entanto, para esta embalagem, foram divergentes os resultados dos testes de qualidade das sementes com os resultados de ácido linoleico, mostrando redução do poder germinativo do vigor, mas, proporcionado

aumento no teor de ácido graxo nas sementes armazenadas (Figura 16A). Estes dados apontam que, no ambiente de câmara fria, há relação entre o aumento do teor de ácido linoleico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

No ambiente de galpão houve semelhança entre os testes de germinação e de vigor com a quantificação do ácido linoleico, indicando diferença entre as embalagens utilizadas. Onde, a embalagem de vidro proporcionou os melhores resultados de germinação, de emergência e maior conservação do teor de ácido linoleico. Já o saco de fibra resultou em redução do potencial fisiológico, do vigor e menor estabilidade dos dados de ácido graxo das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento. Neste ambiente, foram divergentes os dados dos testes de qualidade das sementes com os resultados do ácido linoleico, mostrando redução do poder germinativo e do vigor, mas crescimento do teor de ácido graxo nas sementes de sachá-inchi armazenadas (Figura 16B). Estes resultados indicam que, no ambiente de galpão, há relação entre o aumento do teor de ácido linoleico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi ao longo do armazenamento.

c) Ácido oleico (18:3)

O ácido oleico possui a menor quantidade, entre os ácidos graxos insaturados, encontrados nas sementes de sachá-inchi, com teor médio de 10% aproximadamente (Tabela 1). Dos três ácidos insaturados encontrados, este possui menor propensão ao ataque por agentes oxidantes, por possuir apenas uma dupla ligação em sua cadeia química. Mesmo assim, o somatório do teor de ácidos graxos insaturados é superior a 90% nessas sementes, tornando-as mais vulneráveis ao ataque por agentes oxidantes. Essa característica limita o armazenamento de sementes oleaginosas, por favorecer o processo de deterioração das sementes

devido à instabilidade dos seus ácidos graxos, o que resulta na queda do potencial de desempenho (germinação e vigor) e culminando com a morte da semente.

Nos ambientes de câmara fria e galpão, o teor de ácido oleico, nas sementes de sachá-inchi, de forma geral, aumentou em 1% aproximadamente, durante o armazenamento, em todas as embalagens utilizadas. Nos dois ambientes ocorreram diferença entre as embalagens, mas, no ambiente de câmara fria a embalagem de polietileno a vácuo obteve os melhores índices do ácido graxo, proporcionando os resultados mais estáveis. Já no ambiente de galpão, a embalagem de vidro e polietileno a vácuo obtiveram os melhores resultados (Figura 17A e 17B). Oliveira et al. (2016) com sementes de *Gossypium hirsutum* armazenadas em ambientes regulados a 10 e 30 °C, com embalagem de papel multifoliado, por 12 meses, descrevem que, nos dois ambientes, os valores praticamente não alteraram, mostrando tendência de estabilidade do ácido oleico das sementes durante o armazenamento.

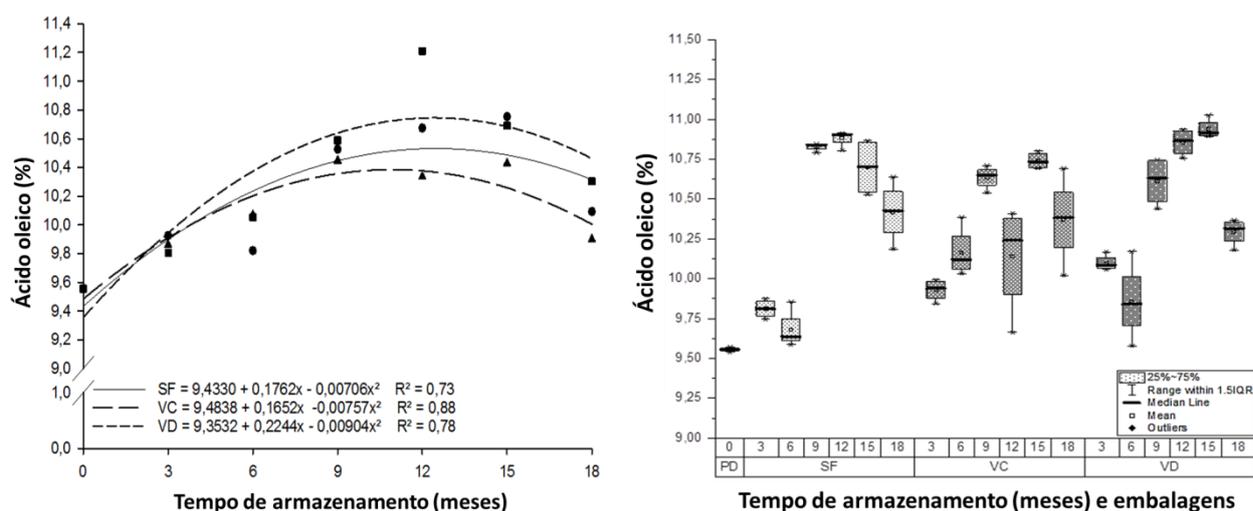


Figura 17 – Teor de ácido oleico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Para o ambiente de câmara fria, ao se comparar o resultado do teor de ácido oleico com o resultado do teste de germinação e de emergência, observa-se que houve divergência dos dados em relação ao tipo de embalagem utilizada. Para o teste de qualidade das sementes, as embalagens foram iguais, mas para o teor de ácido graxo as embalagens foram diferentes, sendo a embalagem de polietileno a vácuo que proporcionou os melhores resultados. No entanto, os resultados para essa embalagem, foram divergentes para os dados dos testes de qualidade das sementes com os dados de ácido oleico, mostrando redução da capacidade germinativa e do vigor, mas aumentando o teor de ácido graxo nas sementes de sachá-inchi (Figura 17A). Estes dados apontam que no ambiente de câmara fria, há relação entre o aumento do teor de ácido oleico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

No ambiente de galpão houve semelhança entre o teste de germinação e de vigor com a quantificação do ácido oleico, ocorrendo diferença entre as embalagens utilizadas. A embalagem de vidro proporcionou os melhores resultados de germinação e emergência, e para o teor de ácido oleico os melhores resultados foram obtidos com as embalagens de vidro e polietileno a vácuo. Já o saco de fibra proporcionou redução do potencial fisiológico, do vigor e maior instabilidade dos dados de ácido graxo das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento. Neste ambiente, foram divergentes os dados dos testes de qualidade das sementes com os resultados do ácido oleico, indicando redução do potencial fisiológico e do vigor, mas aumento no teor de ácido graxo nas sementes de sachá-inchi (Figura 17B). Estes resultados indicam que, no ambiente de galpão, há relação entre o aumento do teor de ácido oleico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

d) Ácido palmítico (16:0)

O ácido palmítico, entre os ácidos saturados, possui a maior quantidade nas sementes de sachá-inchi, com teor médio de 4,31% aproximadamente (Tabela 1). Ele possui maior estabilidade que os ácidos graxos insaturados, tendo menor propensão ao ataque por agentes oxidantes. Esta característica é positiva para o armazenamento, mas está sujeita a interferência das características do ambiente como temperatura e umidade, que impacta diretamente na manutenção da qualidade da semente.

Nos ambientes de câmara fria e galpão ocorreu uma tendência de aumento do teor de ácido palmítico das sementes, para todas as embalagens adotadas no armazenamento. Nos dois ambientes houve diferença entre as embalagens utilizadas, onde, na câmara fria a embalagem de polietileno a vácuo proporcionou os resultados mais estáveis e a embalagem de saco de fibra obteve os resultados menos estáveis (Figura 18A e 18B). Para o ambiente de galpão a embalagem de polietileno a vácuo e o saco de fibra obtiveram resultados mais estáveis para o teor de ácido palmítico (Figura 18B). Oliveira et al. (2016) com sementes de *Gossypium hirsutum* armazenadas em ambientes regulados a 10 e 30 °C, com embalagem de papel multifoliado, por 12 meses, relatam que, nos dois ambientes, os valores praticamente não alteraram, mostrando tendência de estabilidade do ácido palmítico das sementes durante o armazenamento.

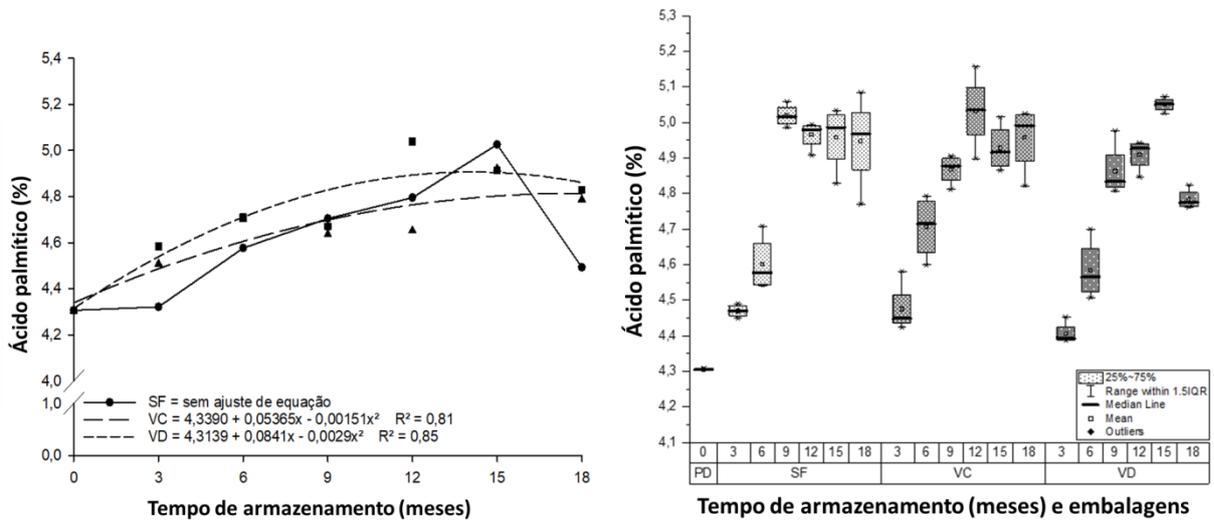


Figura 18 – Teor de ácido palmítico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Para o ambiente de câmara fria, ao se comparar o resultado do teor de ácido palmítico com o resultado do teste de germinação e de emergência, observa-se que houve divergência dos dados em relação ao tipo de embalagem utilizada. Para os testes de qualidade das sementes, as embalagens foram iguais, mas, para o teor de ácido graxo as embalagens foram diferentes, sendo a embalagem de vidro que proporcionou os melhores resultados. Nesta embalagem, foram divergentes os dados dos testes de qualidade das sementes com os dados de ácido palmítico, mostrando redução da viabilidade e do vigor, mas aumento no teor deste ácido graxo nas sementes de sachá-inchi (Figura 18A). Estes dados apontam que, no ambiente de câmara fria, há relação entre o aumento do teor de ácido palmítico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

No ambiente de galpão houve semelhança entre os testes de germinação e de emergência com a quantificação do ácido palmítico, ocorrendo diferença entre as embalagens utilizadas. Onde, a embalagem de vidro proporcionou os melhores

resultados de germinação e de emergência, e para o teor de ácido palmítico a embalagem de polietileno a vácuo e saco de fibra proporcionaram os resultados mais estáveis. Neste ambiente, ocorreu divergência dos resultados dos testes de germinação e vigor das sementes com os resultados do ácido palmítico, mostrando redução da viabilidade e do vigor, mas aumento no teor de ácido graxo nas sementes de sachá-inchi armazenadas (Figura 18B). Estes resultados indicam que, no ambiente de galpão, há relação entre o aumento do teor de ácido palmítico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

e) Ácido esteárico (18:0)

O ácido esteárico, dos ácidos saturados, tem o segundo maior teor nas sementes de sachá-inchi, com uma média de 3,97% aproximadamente (Tabela 1). Ele possui maior estabilidade que os ácidos graxos insaturados, tendo menor propensão ao ataque por agentes oxidantes. Esta característica favorece o armazenamento, mas, também, sofre pressão das oscilações de temperatura e umidade do ambiente, que interfere na manutenção da qualidade fisiológica de oleaginosas.

Nos ambientes de câmara fria e galpão ocorreu uma tendência de aumento do teor de ácido esteárico das sementes, para todas as embalagens utilizadas. Nos dois ambientes de armazenamento ocorreram diferenças entre as embalagens, na câmara fria a embalagem de polietileno a vácuo proporcionou os resultados mais estáveis e as embalagens de vidro e saco de fibra obteve os resultados menos estáveis (Figura 19A e 19B). Para o ambiente de galpão a embalagem de polietileno a vácuo e de vidro obtiveram os resultados mais estáveis para o teor de ácido esteárico (Figura 19B). Oliveira et al. (2016) com sementes de *Gossypium hirsutum*

armazenadas em ambientes regulados a 10 e 30 °C, com embalagem de papel multifoliado, por 12 meses, descrevem que, nos dois ambientes, os valores praticamente não alteraram, mostrando tendência de estabilidade do ácido esteárico das sementes durante o armazenamento.

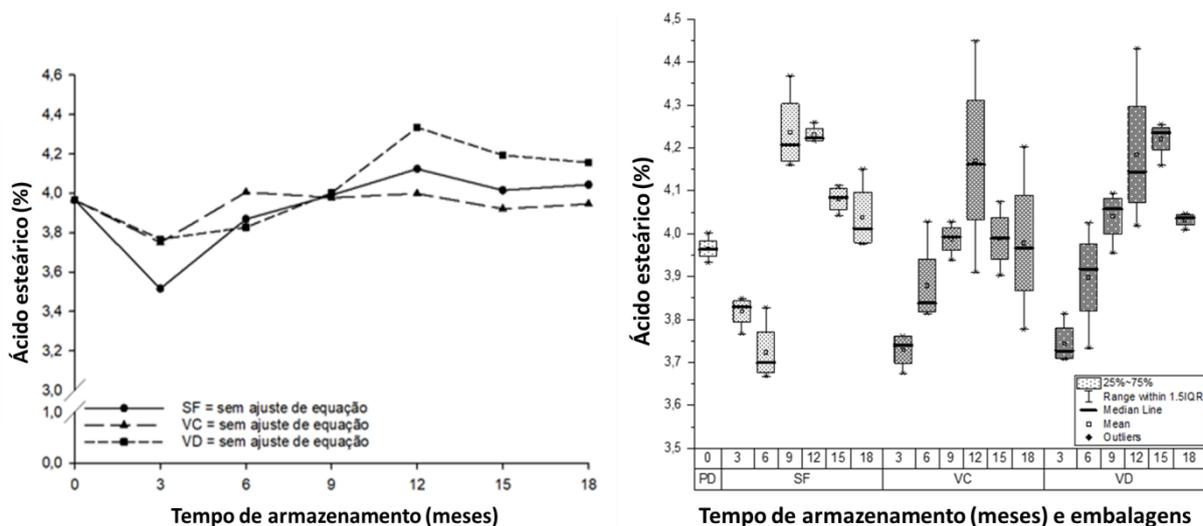


Figura 19 – Teor de ácido esteárico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Para o ambiente de câmara fria, ao se comparar o resultado do teor de ácido esteárico com o resultado do teste de germinação e de emergência, percebe-se que houve divergência dos dados em relação ao tipo de embalagem utilizada. Para o teste de qualidade das sementes, as embalagens foram iguais, mas para o teor de ácido graxo as embalagens foram diferentes, sendo a embalagem de polietileno a vácuo que proporcionou os melhores resultados. No entanto, neste ambiente, foram divergentes os dados dos testes de qualidade das sementes com os dados do ácido esteárico, mostrando redução do potencial fisiológico e do vigor, mas aumento no teor de ácido graxo nas sementes de sachá-inchi armazenadas (Figura 19A). Estes dados apontam que, no ambiente de câmara fria, há relação entre o aumento do teor

de ácido esteárico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

No ambiente de galpão houve semelhança entre os testes de germinação e de vigor com a quantificação do ácido esteárico, tendo diferença entre as embalagens utilizadas. A embalagem de vidro proporcionou os melhores resultados de germinação e de emergência, e para o teor de ácido esteárico a embalagem de polietileno a vácuo e de vidro proporcionaram os resultados mais estáveis. Já o saco de fibra proporcionou a redução da viabilidade e do vigor, e para o ácido graxo, obteve menor estabilidade nas sementes de sachá-inchi. Neste ambiente, foram divergentes os resultados dos testes de qualidade das sementes com os resultados do ácido esteárico, mostrando redução do potencial fisiológico e do vigor, mas aumentando o teor de ácido graxo nas sementes de sachá-inchi armazenadas (Figura 19B). Estes resultados indicam que, no ambiente de galpão, há relação entre o aumento do teor de ácido esteárico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

f) Ácido elaídico (18:1t)

O ácido elaídico está em menor teor nas sementes de sachá-inchi com teor médio de 0,61% aproximadamente (Tabela 1). Este ácido graxo é classificado como insaturado trans, no entanto, possui características similares aos ácidos graxos saturados, conferindo maior estabilidade química e menor propensão ao ataque por agentes oxidantes.

No ambiente de câmara fria, todas as embalagens utilizadas foram iguais entre si, mas com uma tendência de redução do teor de ácido elaídico, durante o

armazenamento das sementes de sachá-inchi (Figura 20A). No ambiente de galpão houve diferença entre as embalagens utilizadas, onde, a embalagem de saco de fibra proporcionou os resultados mais estáveis (Figura 20B). Neste ambiente o comportamento do ácido graxo variou conforme o tipo de embalagem utilizada, onde, na embalagem de saco de fibra e de vidro ocorreu uma tendência de aumento e na embalagem de polietileno a vácuo houve um indicativo de redução do teor de ácido eláidico (Figura 20B).

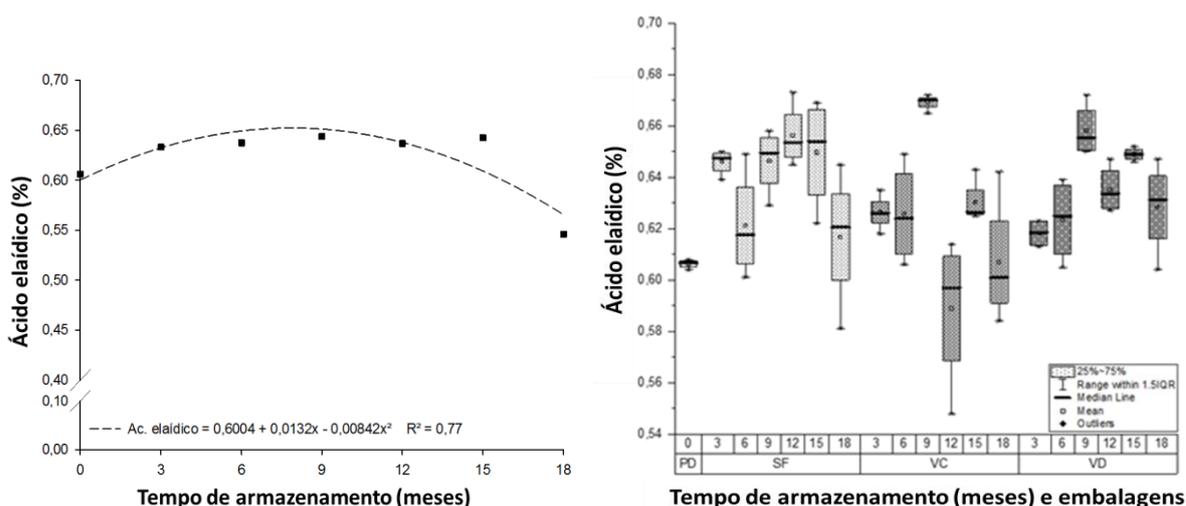


Figura 20 – Teor de ácido eláidico (%) em sementes de sachá-inchi armazenadas em câmara fria (A) e galpão (B). PD- testemunha, SF – saco de fibra, VC – polietileno a vácuo e VD – vidro. Manaus, AM.

Para o ambiente de câmara fria, ao se comparar o resultado do teor de ácido eláidico com o resultado do teste de germinação e de emergência, observa-se que em todos esses testes, as embalagens foram iguais durante os 18 meses de armazenamento. Também foram iguais os dados dos testes de qualidade das sementes com os do ácido eláidico, mostrando redução no potencial fisiológico e no teor de ácido graxo nas sementes de sachá-inchi armazenadas (Figura 20A). Estes dados indicam que, no ambiente de câmara fria, há relação entre a redução no teor

do ácido elaídico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

No ambiente de galpão houve semelhança entre os testes de germinação e de emergência, com a quantificação do ácido elaídico, onde, todos tiveram diferença entre as embalagens utilizadas. A embalagem de saco de fibra proporcionou os piores resultados de germinação e emergência, mas, proporcionou maior estabilidade do teor de ácido elaídico durante o armazenamento. Neste ambiente, ocorreu diferença entre os testes de qualidade da semente e a quantificação do ácido elaídico, havendo redução da viabilidade e do vigor, mas aumentando o teor desse ácido graxo nas sementes de sachá-inchi (FIGURA 20B). Estes resultados indicam que, no ambiente de galpão, há relação entre o aumento do teor de ácido elaídico e a redução da qualidade das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

De forma geral, ao se observar o comportamento dos ácidos graxos nas sementes de sachá-inchi durante o armazenamento, percebe-se uma redução de aproximadamente 5% do ácido linolênico. No entanto, os demais ácidos graxos aumentaram, como o ácido linoleico (3%), o ácido oleico (1%), o ácido palmítico (0,5%), o ácido esteárico (0,2%) e o ácido elaídico (0,05%). O somatório da quantidade de acréscimo desses cinco ácidos graxos é de 4,75%, aproximadamente, que fica bem próximo dos 5% de redução do ácido linolênico. Deste modo, estes resultados podem indicar que, durante o armazenamento, a oxidação do ácido linolênico é resultado do processo de deterioração da semente e contribui para a formação de outros ácidos graxos saturados e insaturados. Estes eventos podem ser considerados marcadores que fornecem informações sobre o

envelhecimento das sementes, onde foi observado que, uma redução de 5% no ácido linolênico pode ter contribuído para a redução da qualidade fisiológica das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

6 CONCLUSÕES

No ambiente de câmara fria, as três embalagens utilizadas (saco de fibra, polietileno a vácuo e vidro) são indicada ao armazenamento das sementes por até 18 meses.

No ambiente de galpão, é indicada a embalagem de vidro para o armazenamento das sementes por até nove meses.

No teor de ácidos graxos das sementes de sachá-inchi, ocorreu redução do ácido graxo linolênico e aumento dos ácidos graxos linoleico, oleico, palmítico, esteárico e elaídico.

A redução do ácido linolênico contribui para a redução da qualidade fisiológica das sementes de sachá-inchi durante o armazenamento.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, L. A. S.; CARVALHO, M. L. M.; PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, T. T. A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, 7p, 2013.

ALONSO, D. L.; MAROTO, F. G. Plant as chemical factories for the production of polyunsaturated fatty acids. **Biotechnology Advances**, v.19, n.1, 16p, 2000.

ALVARENGA, R. O.; MARCOS-FILHO, J. Vigor evaluation of stored cotton seeds, including the Seed Vigor Imaging System. **Journal of Seed Science**, v.36, n.2, 5p, 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische**, v. 22, n. 6, 17p, 2013. Disponível em: www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf. Acesso em: 09 de out. 2019.

ANGELO, J. F. **Aplicação de projeto experimental ótimo à reação de interesterificação de estearina de palma com óleo de linhaça**. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

AOCS, Official methods of analysis. Method Ce 2--66 L. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. In: **Laboratory Practice**. Official methods and recommended practices of the AOCS. 475p, 2004.

AZEREDO, G. A.; BRUNO, R. L. A.; LOPES, K. P.; SILVA, A.; DINIZ, E.; LIMA, A. Conservação de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em função do beneficiamento, embalagem e ambiente de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n.1, 7p, 2005.

AZEVEDO, M. R. Q. A. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. Campina Grande, v.7, n.3, 5p, 2003.

BALESEVIC-TUBIC, S.; TALIC, M.; MILADINOVIC, M.; PUCAREVIC, M. Changes of fatty acids content and vigor of sunflower seed during natural aging. **Helia**, v.30, n.47, 7p, sept. 2007.

BERATLIEF, C.; ILIESCU, H. Highlights of proper sunflower seed storage. **Helia**, Serbia, v.20, n.26, 16p, 1997.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seed physiology of development and germination. New York: **Plenum Press**, 1994. 445 p.

BINGHAM, L. J.; HARRIS, A.; McDONALD, L. A. A comparative study of radicle and coleoptile extension in maize seedlings from age and unaged seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.22, n. 1, p. 127-139, 1994.

BONDIOLI, P.; DELLA-BELLA, L. Alpha linolenic acid rich oils. Composition of *Plukenetia volubilis* (sacha-Inchi) oil from Perú. **La rivista italiana delle sostanze grasse**. V.83, 4p. mayo/june. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diversidade biológica**. Brasília. 2009a. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/editoria/meio-ambiente/2009/10/biomas-brasileiros>. Acesso em: 14 jan. 2018.

BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009b, 365p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema de Gestão da Fiscalização. **Produção estimada de sementes das principais espécies**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sigef/>. Acesso em: 07 de out. de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Amazônia**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>. Acesso em: 11 jan. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plantas para o futuro**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-e-promocao-do-uso-da-diversidade-genetica/plantas-para-o-futuro>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BRIGANTE, G. P. **Deterioração de sementes de girassol durante o armazenamento**. 2013. 206f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

BUCKERIDGE, M. S. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap. 2, 19p.

CAI, Z. Q. Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of sacha-inchi (*Plukenetia volubilis*) plants. **Industrial Crops and Products**, Mengla, v.34, n.1, 3p, 2011.

CAPELLARO, C.; BAUDET, L.; PESKE, S.; ZIMMER, G. Qualidade de sementes de feijão armazenadas em embalagens plásticas resistentes a trocas de umidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v.2, n.15, 6p, 1993.

CARDOSO, A. A.; OBOLARI, A. M. M; BORGES, E.E.L.; SILVA, C. J.; RODRIGUES, H. S. Environmental factors on seed germination, seedling survival and initial growth of sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.). **Journal of Seed Science**, v.37, n.2, 5p, 2015.

CARDOSO, D.; SARKINEN, T.; ALEXANDER, S.; AMORIM, A. M.; BITTRICH, V et al. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, New Haven, v.114, n.40, 6p, oct. 2017.

CARRILLO, W.; QUINTEROS, M. F.; CARPIO, C.; MORALES, D.; VÁSQUEZ, G.; ALVAREZ, M.; SILVA, M. Identification of fatty acids in sacha-inchi oil (cursive *Plukenetia volubilis* L.) from Ecuador. Issue, **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, Issue, v.11, n.2, 3p, feb. 2018.

CARTER, J. F. Sunflower Science and technology. Madison: **American Society of Agronomy**, 1978. 505p.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; MAVAIEIE, D. P. R.; SILVA, W.; LOPES, C. G. M. Pre-packing cooling and types of packages in maintaining physiological quality of soybean seeds during storage. **Journal of Seed Science**, V.38, N.2, 10P, 2016.

CARVALHO, M. L. M.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Controle de qualidade na produção de semente. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, 6p, 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J.; **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

CASARINI, M. B.; FERRARI, R. A.; MARQUES, D. A. **Rendimento e qualidade do óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*), avaliação dos fatores antinutricionais do farelo**. UNICAM, Campinas, v.1, n.1, 5p, 2007.

CBI. Centre for the promotion of imports from developing countries. **Exporting sacha-inchi oil to Europe**. Disponível em: <https://www.cbi.eu/market-information/natural-ingredients-cosmetics/sacha-inchi-oil/>. Acesso em: 15 de jun. de 2019.

CÉSPEDES, E. I. M. **Cultivo de sacha-inchi**. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. San Martin, 2006. 10p.

CHANDRASEKARAN, U.; LIU, A. Stage-specific metabolism of triacylglycerols during seed germination of Sacha-Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, n.1, 3p, 2015.

CHIRINOS, O.; ADACHI, L.; CALDERON, F.; DÍAZ, R.; LARREA, L.; MUCHA, G.; ROQUE, L. **Exportacion de aceite de sacha-inchi al mercado de Estados Unidos**. Lima, Universidad ESEAN, 2009. 143p. (Serie Gerencia Global; 16).

COOLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. In: BASRA, A. S. (Ed.). **Seed Quality**: basic mechanisms and agricultural implications. Food Products, New York, 52p, 1995.

CORREIA, I. M. S.; SOUZA, M. J. B.; SOUSA, E. M. B. D. Extração e caracterização do óleo de girassol (*Helianthus annuus* L.) utilizando o método de prensagem a frio e extração por solventes. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 18., 2010, Foz do Iguaçu. **Resumo**. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Química, 2010. 6p.

COSTA, B. J.; ZAGONEL, G. F. Potencial do óleo do amendoim como fonte de biodiesel. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; SUASSUNA, T. M. F. **Amendoim**: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Brasília: EMBRAPA, Cap.13, 9p, 2009.

DELOUCHE, J. C.; POTTS, H.C. **Programa de sementes: planejamento e implantação**, AGIPLAN, Brasília, 124p, 1974.

DIAS, D. C. F. S.; OLIVEIRA, G. L.; VALLORY, G. G.; SILVA, L. J.; SOARES, M. M. Physiological changes in *Jatropha curcas* L. seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.38, n.1, 8p, 2016.

DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.19, n.3, 6p, 2015.

FANALI, C.; DUGO, L.; CACCIOLA, F.; BECCARIA, M.; GRASSO, S.; DACHÀ, M.; DUGO, P.; MONDELO, L. Chemical characterization of sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Roma, v.59, n.1, 6p, nov, 2011.

FEHR, W. R. Breeding for modified fatty acid composition in soybean. **Crop Science**, v. 47, n.3, 15p, 2007.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**, Porto Alegre: Artmed, 2004, 323 p.

Follegatti-Romero, L. A.; Piantino, C. R.; Grimaldi, R.; Cabral, F. A. Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. **The Journal of Supercritical Fluids**, v.49, n.1, 6p, 2009.

FREITAS, R. A. Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. N. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa hortaliças, 27p, 2009.

FOOD INGREDIENTES BRASIL. **Aminoácidos: os aminoácidos e o sabor**. São Paulo, 2014, 7p.

FUENTES, P. H. A. Avaliação da qualidade de óleos de soja, canola, milho e girassol durante o armazenamento. 2011. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2011.

GARCIA, L. C.; SOUSA, S. G. A.; MARAJÓ, L. Y. B.; CHAVES, F. C. M. **Tolerância à secagem em sementes de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L. Euphorbiaceae)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2019. 7p. (Comunicado técnico, 137).

GILLESPIE, L. J. A revision of paleotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species from Madagascar. **Systematic Botany**, v.32, n.5, 23p, 2007.

GILLIESPIE, J. L. A Synopsis of Neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species. **Systematic Botany**, V.18, n.4, 18p, Oct./Dec. 1993.

GOEL, A.; SHEORAN, I. S. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cotton seeds under natural ageing. **Biologia Plantarum**, Praga, n.46, v.3, 5p, 2003.

GONDIM-TOMAS, R. M. A.; ERISMANN, N. M.; CIA, E.; KONDO, J. I.; FUZATTO, M. G.; CARVALHO, C. R. L. Teor de óleo e composição de ácidos graxos em sementes de diferentes genótipos de algodoeiro. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.19, n.1, 7p, 2016.

GUEDES, R. S; ALVES, E. U; GONÇALVES, E. P; VIANA, J. S; MEDEIROS, M. S; LIMA, C. R de. Teste de comprimento de plântulas na avaliação fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Semina: ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 30, p. 793-802, out./dez. 2009.

GUILLÉN M. D.; RUIZ A.; CABO N.; CHIRINOS R.; PASCUAL G. (2003): Characterization of sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and ¹H NMR. Comparison with linseed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Vitoria, v.80, n.8, 7p, aug. 2003.

GUTIÉRREZ, L. F.; ROSADA, L. M.; JIMÉNEZ, A.; Chemical composition of sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. **Grasas y Aceites**, Bogotá D. C., v. 62, n. 1, 7p, enero/marzo, 2011.

HAMAKER, B. R.; VALLES, C.; GILMAN,R.; HARDMEIER, R.M.; CLARK, D,; GARCIA, H. H.; GONZALES, A. E.; KOHLSTAD, I.; CASTRO, M.; VALDIVIA, R.; RODRIGUEZ, R.; LESCANO, M. Amino acid and fatty acid profiles of the Inca (*Plukenetia volubilis*).**Cereal Chemistry**, Lima, v. 69, n. 4, 4p, Febr. 1992.

HAMAKER, B. R.; VALLES, C.; GILMAN,R.; HARDMEIER, R.M.; CLARK, D,; GARCIA, H. H.; GONZALES, A. E.; KOHLSTAD, I.; CASTRO, M.; VALDIVIA, R.; RODRIGUEZ, R.; LESCANO, M. Amino acid and fatty acid profiles of the Inca (*Plukenetia volubilis* L.).**Cereal Chemistry**, Lima, v. 69, n. 4, 4p, Febr. 1992.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: SILVA, M. F. **Flora Neotropica**. New York: Academic, 1972, v.3, 100p.

HARRINGTON, J. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, v.1. n.3, 8p, 1973.

HARRIS, W. S.; SCHACKY, C. V.; The omega-3 index: a new risk factor for death coronary heart disease? **Preventive Medicine**, Kansas City, v. 39, 8p, april, 2004.

HARRIS, W. S.; SCHACKY, C. V.; The omega-3 index: a new risk factor for death coronary heart disease? **Preventive Medicine**, Kansas City, v. 39, n.1, 8p, april, 2004.

HOUNSOME, N.; HOUNSOME,.; TOMOS, D.; EDWARDS-JONES, G. Plant Metabolites and Nutritional Quality of Vegetables. **Journal of Food Science**, v.73, n.4, 17p, 2008.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Little Rock, v.53, n.1, 15p, 2005.

JARDIN BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Flora do Brasil 2020. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 21 de out. de 2019.

JOSE, S. C. B. R.; SALOMÃO, A. N.; MELO, L. A. M. P.; SANTOS, I. R. I.; LAVIOLA, B. G. Germination and vigor of stored *Jatropha (Jatropha curcars L.)* seeds. **Journal of Seed Science**, v.40, n.1, 7p, 2018.

KIST, B. B.; A base da lavoura. **Anuário Brasileiro de Sementes 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 2019. 72p.

KRINSKY, N. I.; JOHNSON, E. J. Carotenoid actions and their relation to health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**, Boston, n.26, n.1, 57p, 2005.

KRIVANKOVA, B.; CEPKOVA, P. H.; OCELAK, M.; JUTON, G.; BECHYNE, M.; LOJKA, B. Preliminary study of diversity of *Plukenetia volubilis* based on the morphological and genetic characteristics. **Agricultura Tropical et Subtropical**, Angers, v.45, n.3, 9p, set. 2012.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 218p, 1999.

LAGARDA, M. J.; GARCÍA-LLATAS, G.; FARRÉ, R. Analysis of phytosterols in foods. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Burjassot, v.41., n.1, 10p, apr. 2006.

LIMA, D. C. L.; DUTRA, A. S.; PONTES, F. M.; BEZERRA, F. T. C.; Storage of sunflower seeds. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v.45, n.2, 8p, abr./jun. 2014.

LIMA, D. C.; DUTRA, A. S.; PONTES, F. M.; BEZERRA, F. T. C. Storage of sunflower seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.2, 8p, abr./jun. 2014.

MACEDO, E. C.; GROTH, D.; SOAVE, J. Influência da embalagem e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, n. 2, 7p. 1998.

MACHADO, A. C. **Implementação de um método para a determinação de hidrocarbonetos alifáticos saturados em óleo de girassol por cromatografia gasosa**. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado e Engenharia Alimentar). Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n.1, p. 176-177, 1962

MARCHI, J. S.; VANNUCCHI, H.; SUEN, V. M. M.; CUNHA, S. F. C. **Aminoácidos**. São Paulo: ILSI Brasil, 2016, 118p.

MARÇALLO, F. A. **Armazenamento de sementes de milho em atmosfera modificada com dióxido de carbono**, 2006, 76f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 660p.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, 9p, nov/dez. 2006.

MATTHEWS, S. Physiology of seed ageing. **Outlook on Agriculture**, v.14, n.2, 5p, 1985.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigours test: physiological basis and use. **ISTA New Bulletin**, Zurich, n.131, v.1, 3p, 2006.

McDONALDO, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v.27, n.1, 60p, 1999.

MEDEIROS, A. C. S.; EIRA, M. T. S. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas**. Colombo, Embrapa Floresta, 2006. 13p. (Embrapa Floresta. Circular técnica,127).

MELO, Z. L. O.; GONÇALVES, J. F. C.; MAZZAFERA, P.; SANTOS, D. Y. A. C. Mobilization of seed reserves during germination of tropical species of the Amazon Rainforest. **Seed Science and Technology**, v.37, n.3, 10p, 2009.

MOCALÉANO-ESCANDON, J.; SILVA, B. C. F.; SILVA, S. R. S.; GRANJA, J. A. A.; ALVES, M. C. J. L.; POMPELLI, M. F. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Industrial Crops and Products**, v.44, n.1, 6p, aug. 2013.

MORAES, R. M. A. **Eficiência de seleção para teores de ácido oleico e linolênico em soja cultivada em duas temperaturas**. 1999. 150f. Dissertação (Mestrado em Genética) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

MOREAU, R. A.; WHITAKER, B. D. HICKS, K. B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. **Progress in Lipid Research**, Wyndmoor., v.41, n.1, 43p, mar. 2002.

NAKAGAWA, M. **Custeio baseado em atividades**. São Paulo: Atlas, São Paulo, 1994, 95p.

NASCIMENTO, W. M. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Embrapa, Brasília, DF, 2009, 432p.

NEDE, J. L. Fundamentos da qualidade de sementes. In PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. 573p.

NIU, L.; LI, J.; CHEN, M.; XU. Determination of oil contents in Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis*) seeds at different developmental stages by two methods: Soxhlet extraction and time-domain nuclear magnetic resonance. **Industrial Crops and Products**, v.56, n.1, 4p, mar. 2014.

NOERDBERG, J.; ARNÉR, E. S. J. Reactive oxygen species, antioxidants, and the mammalian thioredoxin system. **Free Radical Biology e Medicine**, v.31, n.11, 25p, aug. 2001.

OLIVEIRA, A. S. **Alteração no potencial fisiológico de sementes de algodão no armazenamento**. 2012.124f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

OLIVEIRA, A. S.; CARVALHO, M. L. M.; BARBARA, C. N. V.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; PEREIRA, D. S. Biochemical changes in fiber naturally colored cottonseeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.38, n.2, 8p, 2016.

PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. S.; BORGES, E. E. L.; MARTINS-FILHO, S. M.; DIAS, L. A. S.; SORIANO, P. E. Physiological quality of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.35, n.1, 6p, 2013.

PERINI, J. A. L.; STEVANATO, F. B.; VISENTAINER, J. E. L.; DALAIO, M. M. O.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.23, n.6, 11p, nov./dez. 2010

PINTO JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; DRANSKI, J. A. L.; STEINER, F.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.4, 7p, 2012.

RAMÍREZ, J. J.; GORDILLO, M. .; DURÁN, R. C. El género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) em México. **Anales del Instituto de Biología. Série Botânica**. Cayocán, v.71, n.1, 7p, ene./jun. 2000.

ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Ômega-3 fatty acids as cancer hemopreventive agents. **Pharmacology & Therapeutics**, New York, v.83, n.3, 27p, 1999.

SANTOS, H. O.; CARVALHO, M. L. M.; CALDEIRA, C. M.; COELHO, S. V. B.; PINHO, E. V. R. V.; OLIVEIRA, J. A. Physiological and biochemical aspects of castor beans seeds deterioration stored in different packaging conditions and temperatures. **Journal of Seed Science**, v.38, n.3, 6p, 2016.

SANTOS, H. O.; CARVALHO, M. L. M.; LOPES, C. A.; PINHO, E. R. V.; COELHO, S. V. B. Physiological and sanitary quality and oil content of castor bean seeds under different storage conditions? **Revista Caatinga**, Mossoró, v.32, n.1, 11p, jan./mar. 2019.

SHARMA, S.; GULERIA, S.; GILL, B. S.; MUNSHI, S. K. Lipid accumulation in developing soybean: influence of seed position on stem axis. **Genetic Plant Physiology**, v.1, n.1, 11p, 2011.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p, 2009.

SILVA, E. S.; KINUPP, V. F.; LOPES, M. T. G.; CHAVES, F. C. M. Caracterização da fase reprodutiva de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) em Manaus, AM. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 10., 2013, Manaus. **Anais**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013, 10p.

SILVA, G. Z.; VIEIRA, A. C.; BONETI, J. E. B.; MELO, L. F.; MARTINS, C. C. Temperature and substrate on *Plukenetia volubilis* L. seed germination. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.11, 4p, 2016.

VASCONCELOS, T. B.; CARDOSO, A. R. N.; JOSINO, J. B.; MACENA, R. H. M.; BASTOS, V. P. D. Radicais livres e antioxidantes: proteção ou perigo? **Ciência Biologia e Saúde**. V.16, n.3, 9p, 2014.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, 6p, 2002.

VIEIRA, R.; KRZYZANOWSKI, F. C. (1999). Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

WARNER, K.; FEHR, A. E. W. Mid-oleic/ultra low linoleic acid soybean oil: a healthful new alternative to hydrogenated oil for frying. **Journal of American Chemists Society**, v.83, n.11, 6p, 2008.

WILSON JUNIOR, D. O. ; McDONALD JUNIOR, M. B. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.14, 31p, 1986.