

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

CLEBER NUNES CORRÊA

PRODUÇÃO DE FRUTOS, SEMENTES E TEOR DE ÓLEO FIXO EM PROGÊNIES DE
SACHA-INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)

Manaus – AM

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

CLEBER NUNES CORRÊA

PRODUÇÃO DE FRUTOS, SEMENTES E TEOR DE ÓLEO FIXO EM PROGÊNIES DE
SACHA-INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Amazonas, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical – Mestrado, área de concentração em produção vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Francisco Celio Maia Chaves
Coorientador: Dr. Jhon Paul Mathews Delgado

Manaus – AM

2026

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C824p Corrêa, Cleber Nunes
Produção de frutos, sementes e teor de óleo fixo em progênies de sachainchi (*Plukenetia volubilis* L.) / Cleber Nunes Corrêa. - 2026.
49 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Francisco Celio Maia Chaves .
Coorientador(a): Jhon Paul Mathews Delgado.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, 2026.

1. Amazônia. 2. melhoramento de plantas. 3. produtividade. 4. ácidos graxos. 5. saúde humana. I. Chaves, Francisco Celio Maia. II. Delgado, Jhon Paul Mathews. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical. IV. Título


CLEBER NUNES CORREA

**Produção de frutos, sementes e teor de óleo fixo em progênies de sacha-inchi
(*Plukenetia volubilis* L.)",**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração de Produção Vegetal.

Aprovado em 04 de março de 2026.

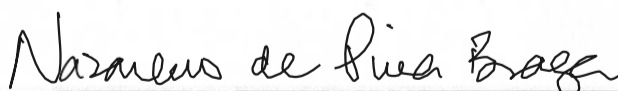
BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 FRANCISCO CELIO MAIA CHAVES
Data: 02/04/2026 22:43:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Francisco Celio Maia Chaves – (Presidente)
Embrapa Amazônia Ocidental

Documento assinado digitalmente
 CAROLINE DE SOUZA BEZERRA
Data: 05/03/2026 11:34:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Caroline de Souza Bezerra – (Membro Titular)
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Nazareno de Pina Braga – (Membro Titular)
Universidade Federal do Amazonas

DEDICATÓRIA

Dedicado a toda minha família em especial meus pais Carlos Mendes Corrêa e Maria Dolores Nunes Fernandes;

Aos meus irmãos, Delziane, Dariana, Cleison, Carla, Dejane e Samara, pelo incentivo e confiança demonstrada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus;

À Universidade Federal do Amazonas em especial ao programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical (PPGATR);

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM, pela concessão da bolsa de estudo;

À EMBRAPA por auxiliar na pesquisa e instalação dos experimentos;

Ao meu orientador Dr. Francisco Célio Maia Chaves pela confiança, apoio, amizade, incentivo e orientação no decorrer da condução da pesquisa;

Ao meu coorientador Dr. Jhon Paul Mathews Delgado, pelo apoio e orientação ao longo do trabalho.

Ao companheiro de Pesquisa Dr. Romildo Torres da Gama, pela orientação e contribuição no decorrer da dissertação;

Aos professores do programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical (PPGATR);

À equipe da Embrapa por auxiliar nas atividades de campo e laboratório;

Aos meus amigos;

A todos que contribuíram de qualquer forma para este e outros trabalhos serem realizados.

RESUMO

Plukenetia volubilis L., conhecida popularmente como “sacha-inchi”, “inca-inchi”, “amendoim da montanha”, “amendoim lopo” e “noz inca”, é uma espécie perene da família Euphorbiaceae. Tem como principal produto de interesse as sementes (54% de óleo e 27% de proteína), utilizadas para a extração de óleo fixo rico em ômega 3, 6 e 9, natural. O objetivo do trabalho foi identificar cultivares de sacha-inchi com alta produção de frutos e sementes, resistência a *Fusarium* sp. e alto teor e qualidade de óleo nas sementes. O trabalho foi conduzido no campo experimental da Embrapa Amazônia. O delineamento experimental foi do tipo blocos ao acaso com 36 progênies e 16 repetições, com uma planta por parcela. A caracterização do óleo fixo em relação ao teor e composição dos ácidos graxos foi realizada por cromatografia gasosa e as estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres de produção foram obtidas por modelos mistos REML/BLUP. As plantas apresentaram emissão de floração aproximadamente 62 dias depois do plantio e maturação dos frutos 161 dias após o plantio. O teor de óleo das sementes variou de 43,55 a 52,34%, com média de 49,47% de rendimento de extração e 89,87% do total sendo composto por ácidos graxos insaturados. A herdabilidade no sentido restrito (h^2_a) variou entre os caracteres, sendo considerada moderada a alta para número de frutos (0,504) e número de sementes (0,48). A acurácia da seleção foi alta para número de frutos (0,84) e número de sementes (0,83), indicando confiabilidade nas estimativas obtidas e potencial de sucesso com a seleção fenotípica. Os valores do coeficiente de variação relativa demonstram que o número de frutos (0,38) e o número de sementes (0,37) apresentam maior potencial para resposta à seleção. O potencial da população para fins de melhoramento foi observado por meio dos ganhos de 90% para produção média da população, 87% para produção de número de sementes e 58% para produção de sementes, por meio dos 20 genótipos superiores.

Palavras-chave: Amazônia, melhoramento de plantas, produtividade, ácidos graxos, saúde humana.

ABSTRACT

Plukenetia volubilis L., popularly known as "sacha-inchi", "inca-inchi", "mountain peanut", "lopo peanut" and "Inca nut", is a perennial species of the Euphorbiaceae family. Its main product of interest is its seeds (54% oil and 27% protein), used for the extraction of a natural fixed oil rich in omega-3, 6 and 9. The objective of this work was to identify sacha-inchi cultivars with high fruit and seed production, resistance to *Fusarium* sp., and high oil content and quality in the seeds. The work was conducted in the experimental field of Embrapa Amazônia. The experimental design was a randomized block design with 36 progenies and 16 replications, with one plant per plot. The characterization of the fixed oil in relation to the content and composition of fatty acids was performed by gas chromatography, and the estimates of the genetic parameters for the production traits were obtained by REML/BLUP mixed models. The plants showed flowering approximately 62 days after planting and fruit maturation 161 days after planting. The oil content of the seeds ranged from 43.55 to 52.34%, with an average extraction yield of 49.47% and 89.87% of the total composed of unsaturated fatty acids. Narrow-sense heritability (h^2_a) varied among the traits, being considered moderate to high for the number of fruits (0.504) and the number of seeds (0.48). The accuracy of the selection was high for the number of fruits (0.84) and the number of seeds (0.83), indicating reliability in the estimates obtained and potential for success with phenotypic selection. The values of the relative coefficient of variation demonstrate that the number of fruits (0.38) and the number of seeds (0.37) show greater potential for response to selection. The population's potential for breeding purposes was observed through gains of 90% in average population production, 87% in seed number production, and 58% in seed production, across the 20 superior genotypes.

Keywords: Amazon, plant breeding, productivity, fatty acids, human health.

LISTA DE FIGURAS E QUADRO

Figura 1. Área do experimento com o plantio de sachá-inchi na Embrapa Amazônia Ocidental.....	22
Figura 2. Colheita de frutos de <i>Plukenetia volubilis</i> (a), secagem em galpão aberto lateralmente (b), descapsulação (c), contagem e pesagem de sementes (d)	23
Figura 3. Etapas da extração de óleo de <i>Plukenetia volubilis</i>	24
Figura 4. Murcha na base do caule (a); murcha da parte aérea da planta causada por fusariose (b); planta seca após as folhas caírem (c); raízes podres (d), em <i>Plukenetia volubilis</i>	41
Quadro 1. Percentagem do total de mortes em plantas de sachá-inchi de progênies dentro das repetições	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição em ácidos graxos (%) do óleo de sachá-inchi.	14
Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres de produção: número de frutos por planta, rendimento de frutos por planta (g/planta), número de sementes por planta, rendimento de sementes por planta (g/planta), avaliados em 36 progênies de sachá-inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	27
Tabela 3. Ganho genético e novas médias da população com a seleção e propagação por sementes dos 20 melhores indivíduos para o caráter número de frutos por planta em progênies de sachá-inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	29
Tabela 4. Ganho genético e novas médias da população com a seleção e propagação por sementes dos 20 melhores indivíduos para o caráter número de semente por planta em progênies de sachá-inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	30
Tabela 5. Ganho genético e novas médias da população com a seleção e propagação por sementes dos 20 melhores indivíduos para o caráter rendimento de semente por planta (g) em progênies de sachá-inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	32
Tabela 6. Média dos caracteres de fruto e sementes avaliados em 36 progênies de sachá-inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	34
Tabela 7. Média dos caracteres de fruto e sementes avaliados em 36 progênies de sachá-inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	36
Tabela 8. Rendimento de óleo fixo e composição em ácidos graxos avaliados em 36 progênies de sachá-inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	39
Tabela 8. Rendimento de óleo e composição em ácidos graxos avaliados em 36 progênies de sachá-inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. HIPÓTESES	11
3. OBJETIVOS	12
3.1. Objetivo Geral	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. REVISÃO DE LITERATURA	13
4.1. Origem e distribuição geográfica	13
4.2. Características botânicas	13
4.3. Características agronômicas	14
4.3.1. Condições de plantio.....	14
4.3.2 Sementes.....	14
4.3.3. Sistema de plantio.....	14
4.3.4. Espaçamento, colheita e produção de frutos	15
4.3. Rendimento em óleo fixo	15
4.5. Ácidos graxos do óleo fixo de sacha-inchi	15
4.6. Usos do óleo fixo	16
4.6.1. Alimentação humana e animal.....	16
4.6.2. Cosméticos e farmacêuticos	17
4.7. Parâmetros genéticos	18
4.8. Fusariose	20
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1. Instalação e condução do experimento	21
5.2. Análise química do solo	22
5.3. Condução e manejo	22
5.4. Colheita e beneficiamento de frutos e sementes de sacha-inchi	23
5.5. Extração do óleo fixo	24
5.6. Análise estatística	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1. Cronologia dos Eventos Fenológicos	27
6.2. Análise dos parâmetros genéticos estimados para caracteres produtivos em <i>Plukenetia volubilis</i>	27
6.3. Características da seleção para o caráter número de frutos por planta em <i>Plukenetia volubilis</i>	29

6.4. Resultados da seleção para o caráter número de sementes por planta em <i>Plukenetia volubilis</i>	31
6.5. Seleção para o caráter massa de sementes por planta em <i>Plukenetia volubilis</i>	32
6.6. Biometria de frutos e sementes	34
6.7. Progênes mortas por murchamento	41
7. CONCLUSÕES	45
8. REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

Plukenetia volubilis L., conhecida popularmente como “sacha-inchi”, “inca-inchi”, “amendoim da montanha”, “amendoim lopo” e “noz inca”, é uma espécie perene da família Euphorbiaceae, nativa do Peru e do noroeste do Brasil (CASTILLO et al., 2019). A família Euphorbiaceae compreende cerca de 300 gêneros e 7.500 espécies, dentre as quais, destaca-se a sachá-inchi, por sua relevância econômica, social e cultural (SILALAH, 2022). A sachá-inchi adapta-se a clima quente (10–36 °C), precipitação anual entre 850–1000 mm, solos ácidos bem drenados (arenosos ou argilosos) e altitudes de 200–1500 m (ALVARES et al., 2013).

O principal produto de interesse são as sementes, utilizadas para a extração de óleo fixo, com aproximadamente 33–60% de óleo fixo e 24–30% de proteína (NORHAZLINDAH et al., 2023). O rendimento da cultura é influenciado por fatores como clima, solo, espaçamento, manejo, adubação, controle fitossanitário e material genético (CHAVES et al., 2022).

Valente et al. (2017), em estudos de progênies realizado na Amazônia Central, obteve valores médio de rendimento de óleo fixo de 29,1%, com valores variando de 10,20% a 57,97%. Além de apresentar alto teor de óleo fixo, também apresenta propriedades nutracêuticas, antioxidante e fonte de ômega 3, 6 e 9 natural. Esses ômega são encontrados normalmente em peixes de água fria, sendo *P. volubilis*, uma fonte diferenciada, por ser uma espécie vegetal, tropical e amazônica, e sendo importante devido ao seu papel crucial na prevenção de doenças cardiovasculares e hipertensão (Norhazlindah et al., 2023). O óleo também apresenta aplicações cosméticas, com propriedades anti-inflamatórias, antibacterianas e potencial efeito antienvhecimento (WANG, 2018).

Na alimentação humana, o óleo é consumido in natura ou na forma de subprodutos, como amêndoas torradas, farinha e azeite de mesa (esse premiado seis vezes em feiras de alimento realizadas na Europa, destacando-se como melhor azeite de mesa em qualidade nutracêutica). No concurso "World Edible Oil", o óleo de sachá-inchi foi premiado com medalha de ouro, atestando suas qualidades organolépticas superiores (OCELÁK, 2016). Além disso, apresenta potencial para ser uma alternativa economicamente viável como ingrediente em rações para peixes na região amazônica (ARAÚJO-DAIRIK et al., 2018).

Em virtude disso, o interesse por materiais mais produtivos tem crescido, principalmente em relação ao teor e à qualidade do óleo fixo. No entanto, segundo Mathews e colaboradores (2022), não existe cultivares de sachá-inchi melhoradas por instituições brasileiras, sejam elas privadas ou públicas. Ainda segundo os mesmos autores, estudos sobre

a base genética dos componentes de rendimento de sementes de sachá-inchi, produção e as correlações entre eles podem ajudar no desenvolvimento de estratégias de seleção que possibilitam maiores ganhos genéticos, ou seja, a obtenção de genótipos mais produtivos é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de espécies cultivadas, e pode ser alcançado por meio da seleção e multiplicação dos indivíduos de melhor desempenho produtivo (BÁRBARO et al., 2007).

Outro problema visto no cultivo de sachá-inchi são as manifestações de patógenos que causam doenças fúngicas (UWAREMWE et al., 2023). Chai et al. (2018) relataram a podridão da raiz e do caule basal em *P. volubilis* causada por *F. oxysporum*. Em 2021, foi observado em algumas áreas de plantios de sachá-inchi graves infecções que causavam podridão radicular. Entre os principais sintomas observados nas plantas infectadas, incluíam folhas amarelas, necrose, queda de folhas e raízes podres com lesões castanhas e pretas nos tecidos internos das raízes (UWAREMWE et al., 2023).

A Embrapa Amazônia Ocidental tem conduzido estudos com acessos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG *Plukenetia* sp.), avaliando produção de frutos e sementes, teor e composição de ácidos graxos, bem como a incidência de fusariose. Nesses estudos observou-se variação na mortalidade entre e dentro dos acessos, indicando variabilidade genética quanto à tolerância à doença.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar cultivares de sachá-inchi quanto à produtividade de frutos e sementes, resistência a *Fusarium* sp. e teor e qualidade de óleo fixo nas sementes, visando subsidiar estratégias de seleção para as condições edafoclimáticas do Amazonas.

2. HIPÓTESES

Ho - Não há progênies de sachá-inchi resistentes à fusariose, nas condições de Manaus, AM, no Banco Ativo de Germoplasma.

H1 - Há pelo menos uma progênie de sachá-inchi do Banco Ativo de Germoplasma de sachá-inchi resistente à fusariose nas condições de Manaus, AM.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Selecionar progênies de sachá-inchi com alta produção de frutos que apresente tolerância à fusariose (*Fusarium* sp.), nas condições de campo.

3.2. Objetivos Específicos

1. Avaliar produção de frutos e sementes de sachá-inchi das progênies do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Ocidental;
2. Avaliar o teor e composição do óleo das sementes de sachá-inchi;
3. Identificar pelo menos uma progênie com alta produção dos componentes citados acima e tolerante à fusariose.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Origem e distribuição geográfica

Plukenetia volubilis é amplamente distribuída na América do Sul e nas Pequenas Antilhas; é encontrada nas partes norte e oeste da Bacia Amazônica no Suriname, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia e Brasil (GILLESPIE, 1997; LOAIZA, 2013). Segundo Gama (2022), já existe cultivo no estado do Amazonas, mais precisamente nos municípios de Benjamin Constant, Tefé e Manaus.

Em virtude de suas propriedades farmacológicas, alimentares e energéticas, que lhe conferem grande potencial econômico, a sachá-inchi vem sendo cultivada em diversas partes do mundo, principalmente nos países do continente Asiático (Filipinas, Japão, Malásia e, sobretudo na China) (GUTIÉRREZ et al., 2017).

4.2. Características botânicas

A sachá-inchi é um vegetal de crescimento rápido, de plantas monoicas, do tipo semiperene, lenhosa, hábito trepador e crescimento indeterminado, atingindo até 10 m de comprimento. As folhas são do tipo alternadas, espiraladas, membranosa, oval e peninérveas. As folhas adultas podem medir entre 6-10 cm de largura e 9-16 cm de comprimento (GAMA, 2022).

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, actinomorfas, com 17 a 19 estames, polistêmones. As flores femininas, em geral, estão localizadas na base das inflorescências, mas podem ocorrer no pecíolo foliar e são na maioria dos casos solitárias, podendo acontecer em duas ou mais flores. Possuem ovário súpero com 4 a 7 lóculos (CÉSPEDES, 2006; FOLLEGATTI-ROMERO, 2007).

Os frutos de *P. volubilis* possuem cápsulas de 3 a 5 cm de diâmetro, tem cor verde quando imaturo e castanho-escuro quando maduros. Há predominância de frutos com 4 lóculos, mas pode ocorrer 3 a 7 cápsulas com sementes ovais (SILVA et al., 2013), ligeiramente levantadas no centro e achatadas nas bordas; sua cor é marrom escura apresentando nervura oval, e possui de 1,5 a 2 cm de diâmetro. As sementes têm formato lenticular de 1,5 a 2 cm e de 0,7 a 0,8 cm de espessura. 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 (CÉSPEDES, 2006; FOLLEGATTI-ROMERO, 2007; CAI, 2011).

4.3. Características agronômicas

4.3.1. Condições de plantio

Plukenetia volubilis pode crescer em temperaturas entre 10 e 37 °C, embora os extremos não sejam ideais, e temperaturas abaixo de 8 °C causam estresse severo em *P. volubilis* (ARÉVALO, 1996; CAI et al., 2012). Seus frutos podem ser produzidos em até 1.490 m de altitude, contudo, seu rendimento diminui acima de 900 m (CAI et al., 2012). Há significativo aumento da biomassa total e da massa dos frutos pela utilização da irrigação na estação seca, embora a qualidade das sementes e a composição do óleo sejam mantidas durante a seca (JIAO et al., 2012; GONG et al., 2018). O rendimento médio se mantém em torno de 150–750 kg ha⁻¹ dependendo da época do ano e do tipo de irrigação e fertilização aplicados (GONG et al., 2018).

4.3.2 Sementes

De acordo com Cardoso e colaboradores (2018), a forma da semente de *Plukenetia volubilis* é lenticular, comprimida lateralmente, dorso convexo, envoltório liso, coloração marrom, marcadas por suaves estrias. Não há presença de carúncula, mas evidente presença da rafe. Há, na parte interna, um endosperma de coloração branca a creme, rico em óleo. O embrião é composto por um par de cotilédones foliáceos, esbranquiçados e contendo o eixo hipocótilo radícula de forma cilíndrica e reta. Possui germinação do tipo epígea, pois os cotilédones se elevam acima do solo e fanerocotiledonar porque os cotilédones ficam totalmente livres do tegumento (OLIVEIRA et al., 2013).

Segundo Delgado (2021), a espécie é propagada normalmente por semente. As sementes são de frutos de cor marrom escuro, atingindo aproximadamente 80% de germinação em 13 dias após a semeadura (CESPEDES, 2008; com temperatura ideal para a germinação de 30 °C (25–35 °C) (JIAO et al., 2012; BONETI et al., 2014; SILVA et al., 2016).

4.3.3. Sistema de plantio

Quando propagado por semente, no plantio indireto, o transplante é feito após 40 dias da repicagem das mudas (DELGADO, 2021). Podem ser usados sistemas de tutorado, espaldeira ou cobertura (CAI et al., 2012; CÉSPEDES, 2008). No entanto, vale mencionar que o plantio também pode ser por plantio direto da semente no solo (CESPEDES, 2008).

4.3.4. Espaçamento, colheita e produção de frutos

Sacha-inchi pode ser plantada em espaçamentos de 3 x 2 m (1.666 planta ha⁻¹); 2 x 2 m (2.500 plantas ha⁻¹) e 1,5 x 1,5 m (4.000 plantas ha⁻¹) entre linha e planta, respectivamente (DELGADO, 2021), com rendimento de semente chegando a aproximadamente 50% do peso do fruto. A colheita é realizada, preferencialmente, em intervalos de 15 dias, sendo colhidos apenas os frutos de cor marrom escuro (CESPEDES, 2008).

4.3. Rendimento em óleo fixo

O principal valor comercial da sachá-inchi está no óleo extraído das sementes. Valente et al. (2017), em estudos de progênies realizado na Amazonia Central, obtiveram valores médio de rendimento de 29,1%, com valores variando de 10,20% a 57,97%. Por outro lado, Follegatti-Romero et al. (2007), com prensagem a frio, verificaram que o rendimento de óleo foi de 54,30%. Valores semelhantes foram encontrados por Hamaker et al. (1992), obtidos por extração com hexano. Truong et al. (2023), utilizando prensagem hidráulica encontraram valores de rendimento de aproximadamente de 21,6%, indicando um bom potencial de extração, situado em uma faixa comum para muitas oleaginosas (como soja e algumas variedades de amendoim), após secagem.

4.5. Ácidos graxos do óleo fixo de sachá-inchi

Com base no estudo de Hamaker et al. (1992), a sachá-inchi tem sementes ricas em nutrientes, contendo aproximadamente 54% de óleo e 27% de proteína, caracterizada por altos níveis de cisteína, tirosina, treonina e triptofano em comparação com outras oleaginosas regionais, com um perfil proteico semelhante ao da soja. Ainda segundo esse estudo, os ácidos graxos insaturados representam 91,6%. A tabela 1 abaixo mostra a composição dos ácidos graxos do óleo obtido com hexano.

Tabela 1. Composição em ácidos graxos (%) do óleo fixo de sachá-inchi.

Ácidos Graxos	Porcentagem (%)
<i>Saturados</i>	
Palmítico	4,5
Esteárico	3,2

<i>Insaturados</i>	
Oleico	9,6
Linoleico	36,8
Linolênico	45,2
RESUMO	
Saturados	7,7
Monoinsaturados	9,6
Poli-insaturados	82

Fonte: Hamaker et al. (1992).

Gutiérrez et al. (2011), analisando sementes de sachá-inchi, encontraram alto teor de óleo (41,4%), onde a análise de ácidos graxos revelou que os ácidos α -linolênico (50,8%) e linoleico (33,4%) foram os principais ácidos graxos presentes no óleo de sachá-inchi, seguido por ácido oleico (9,1%), palmítico (4,4%) e esteárico (2,4%). Do mesmo modo, Chirinos et al. (2015) encontraram esses ácidos graxos em óleo de sachá-inchi. Em ordem de abundância, os mais importantes foram: ácido α -linolênico (ω -3) > ácido linoleico (ω -6) > ácido oleico, sendo uma rica fonte de ácidos graxos poli-insaturados. Os valores encontrados foram: ácido palmítico (6,30%), ácido esteárico (3,81%), ácido oleico (9,47%), ácido linoleico (32,66%), linolênico (45,62%). Truong et al. (2023), com prensagem hidráulica, encontraram valores de ácidos linolênico (48,27-49,83%) e linoleico (35,49-36%).

Tratando-se das condições amazônicas, análises químicas em sementes de plantas cultivadas nas condições de Manaus, Amazonas, revelaram que o teor de ácidos graxos variou de 3,4-5,0% para ácido palmítico, de 2,4-4,3% para ácido esteárico, de 7,3-13,3% para ácido oleico, de 32-41,5% para ácido linoleico e de 39,6-53,1% para ácido linolênico (Valente al., 2017).

4.6. Usos do óleo fixo

4.6.1. Alimentação humana e animal

A sachá-inchi tem ganhado notoriedade ao redor do mundo devido à ótima qualidade de suas propriedades físico-químicas úteis e bons atributos sensoriais como o sabor e aroma (WANG, 2018). O óleo vem sendo utilizado na culinária para consumo humano. Geralmente, seu consumo se dá através de subprodutos, como amêndoas torradas, farinha e azeite de mesa (esse premiado seis vezes em feiras de alimento realizadas na Europa, destacando-se como

melhor azeite de mesa em qualidade nutracêutica). No concurso "World Edible Oil", o óleo de sachá-inchi foi premiado com medalha de ouro, atestando suas qualidades organolépticas superiores (OCELÁK, 2016).

Estudo realizado por Clavijo et al. (2015), em que houve incremento de 10% de óleo de sachá-inchi numa pasta, onde, essa pasta foi misturada com carne magra de bovino para formar carne moída para hambúrgueres com uma nova fase de gordura, concluiu-se que os hambúrgueres resultantes apresentaram qualidade nutricional superior em comparação com o hambúrguer tradicional.

Outra alternativa de uso do óleo de sachá-inchi é seu incremento na alimentação animal. Estudos realizados na Amazônia indicaram que a sachá-inchi não afeta negativamente nem melhora significativamente o desenvolvimento do tambaqui e da matrinxã em comparação com rações comerciais disponíveis. No entanto, considerando a relação custo-benefício, concluíram que a sachá-inchi tem potencial para ser uma alternativa economicamente viável como ingrediente em rações para peixes na região amazônica (ARAÚJO-DAIRIK et al., 2018).

4.6.2. Cosméticos e farmacêuticos

Já tem, no mercado, preparações cosméticas e farmacêuticas contendo proteínas e óleos de sachá-inchi (WANG, 2018), com esses produtos sendo aplicados na pele para efeitos anti-inflamatórios, firmadores e antienvelhecimento. Há também o uso do óleo de sachá-inchi para tratamentos médicos de doenças cardíacas coronárias, artrite, diabetes, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) e doenças inflamatórias da pele (HANSSEN e SCHMITZ-HUEBSCH, 2011).

Estudo realizado por Garmendia et al. (2011) de pacientes com hipercolesterolemia que ingeriram 5 ou 10 mL de óleo SI (contendo 2 g e 4 g de ω -3/dia, respectivamente) durante 16 semanas mostrou que o consumo de óleo causou uma redução significativa no colesterol total e na lipoproteína de baixa densidade (o chamado colesterol ruim) e um aumento nos níveis da lipoproteína de alta densidade (conhecido como colesterol bom). Ainda segundo esse estudo, o consumo de óleo de sachá-inchi reduziu os níveis séricos de colesterol total. Houve também redução da pressão arterial sistólica e diastólica, o que diminui os riscos de Acidente Vascular Cerebral.

Li et al. (2020), demonstraram que o tratamento com óleo de sachá-inchi aliviou a disbiose da microbiota intestinal e melhorou o dismetabolismo lipídico em ratos alimentados com dieta rica em gordura. Consequentemente, reduziram a lipogênese e promoveram a beta-

oxidação de ácidos graxos, melhorando a desregulação do metabolismo de triglicerídeos, glicerofosfolipídios e esfingolipídios. Assim, proporcionaram efeitos benéficos contra a inflamação de baixo grau, a esteatose hepática e a hiperlipidemia em ratos alimentados com dieta rica em gordura. Além disso, testes realizados por pesquisadores usando o tratamento com 2 mL/kg de peso corporal de óleo de sacha-inchi durante cinco semanas melhorou significativamente o conteúdo de glicogênio no fígado dos ratos diabéticos em comparação com o dos ratos diabéticos não tratados, mostrando que o óleo de sacha-inchi tem potencial para prevenir danos hepáticos mediados pela hiperglicemia e melhorar a sensibilidade à insulina hepática e o metabolismo de carboidratos em ratos diabéticos (ROJANAVERAWONG et al., 2023).

4.7. Parâmetros genéticos

A obtenção de genótipos mais produtivos é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de espécies cultivadas, e pode ser alcançado por meio da seleção e multiplicação dos indivíduos de melhor desempenho produtivo (BÁRBARO et al., 2007).

Para o sucesso do melhoramento genético, é indispensável estimar parâmetros como herdabilidade e correlações, além de projetar o ganho com a seleção. De acordo com Silveira (2006), esses dados sustentam a tomada de decisão sobre qual método utilizar e como selecionar os caracteres prioritários. Além disso, essa análise permite identificar a natureza da ação dos genes sobre as características quantitativas, um ponto fundamental ressaltado por Cruz e Carneiro (2009).

A variância genética aditiva é a causa principal da semelhança entre os parentes (FALCONER, 1989) e mede o que vai ser expresso na próxima geração independentemente das combinações alélicas. A partir dela pode-se obter herdabilidade em sentido restrito que indica o que pode ser rapidamente selecionado (FERREIRA, 2006). Herdabilidade no sentido restrito é a proporção da variabilidade observada em razão dos efeitos aditivos dos genes, ou seja, a proporção da variância genética aditiva na variância fenotípica (BORÉM; MIRANDA, 2009).

Na seleção de genótipos superiores um dos parâmetros genéticos mais importantes é o coeficiente de herdabilidade, sendo que uma alta herdabilidade permite maior êxito na seleção (RAMALHO et al., 2012). A herdabilidade pode refletir a porção do valor fenotípico que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético. Assim, a herdabilidade é uma referência importante para o melhorista de plantas, por

expressar a razão entre variância genética e variância fenotípica. O coeficiente de herdabilidade não é uma propriedade de um caráter em si, mas a propriedade de um caráter para determinada população avaliada em ambiente específico (ROSSMANN, 2001).

O coeficiente de variação genético (CVg) é um parâmetro importante que permite inferir sobre a magnitude da variabilidade genética presente na população para todos os caracteres em estudo (FERRÃO et al., 2008), tendo implicações diretas no ganho por seleção. No caso de seleção, o CVg remete a proporcionalidade do ganho em relação à média, enquanto a razão CVg/CVe maior que a unidade (>1) indica situação favorável à seleção (FALEIRO et al., 2002). De acordo com Ubi et al. (2007), valores elevados são favoráveis à seleção, pois apresentam a possibilidade de maiores ganhos genéticos para o caractere.

A razão entre o coeficiente de variação genética e ambiental CVg/CVe pode ser empregada como índice indicativo do grau de eficiência seletiva das progênies para cada caráter. Quando a razão CVg/CVe for igual ou maior que a unidade, tem-se uma situação favorável à seleção, ou seja, a variação genética é a maior responsável pelas diferenças entre progênies (YOKOMIZO e FARIAS NETO, 2003).

Em *sacha-inchi*, uma espécie perene alógama, a seleção entre progênies é uma estratégia que vem sendo aplicada no Brasil (VALENTE et al., 2017; MATHEWS et al., 2022). Valente et al. (2017b) demonstraram que a herdabilidade é alta tanto nas características de produção como o número total de frutos, número total de sementes, peso total de frutos ($h^2 = 0,72$) como nas características de biometria do fruto como peso médio de semente, peso médio de fruto, tamanho de sementes e número de sementes mostram alta herdabilidade ($h^2 = 78-97\%$) (VALENTE et al., 2017). Em trabalho realizado por Mathews et al. (2022), a herdabilidade variou entre 82 e 85% para as características de produção, como o número total de frutos, peso total de frutos, número total de semente e peso total de sementes. Esses altos valores obtidos para as estimativas de herdabilidade e para a relação CVg/Cve, maior que a unidade, indicaram condições favoráveis para ganhos genéticos com a seleção de progênies e o uso do método de seleção massal em nível de 49 progênie, visando maiores ganhos nas características de produção de fruto (FALCONER, 1989).

Valores altos ($r \geq 0,97$), positivos e significativos foram obtidos para estimativas de correlações genéticas entre número de frutos e produção de frutos por planta em *sacha-inchi*, o que indica que a resposta correlacionada também será alta entre essas características (VALENTE et al., 2017; MATHEWS et al., 2022).

Em trabalho conduzido por Mathews et al. (2022), o ganho de seleção direta no rendimento em número de frutos por planta (25%) e produção de frutos por planta (20%) foi semelhante ao ganho indireto da produção de sementes por planta (23%), inferindo, portanto, que o programa de melhoramento poderá aumentar a produção de sementes de sacha-inchi por planta em 23% no primeiro ciclo de seleção (1 ano) simplesmente via rendimento em número de frutos ou peso de frutos por planta. Por outro lado Valente et al. (2017), propôs selecionar progênies mais produtivas usando o aumento simultâneo nas características número total de sementes e número e peso total de frutos. Neste caso, os resultados mostram que a seleção de progênies mais produtivas para produção de sementes pode ser realizada indiretamente via número ou produção de frutos por planta (MATHEWS et al., 2022).

4.8. Fusariose

Fusarium oxysporum engloba um complexo de espécies com distribuição geográfica em muitos países e é composto por mais de 150 formas especiais com base na especificidade do hospedeiro (ZHU et al., 2021). Isolados fitopatogênicos de *F. oxysporum* são amplamente conhecidos por causar doenças em plantas, sendo muito comum murcha e podridão de raízes, em muitas cultivares economicamente importantes (GORDON e MARTYN, 1997; PARIKH et al. 2018) e está classificado em quinto lugar entre os 10 principais agentes patogênicos de plantas de importância científica e econômica (DEAN et al., 2012; GEISER et al., 2013). Sua importância econômica engloba a diminuição do rendimento das colheitas, redução do valor nutricional e de mercado dos produtos agrícolas até a redução da resistência das plantas às duras condições ambientais (KOIKE e GORDON, 2015).

O *Fusarium oxysporum* bloqueia os tecidos do xilema condutores de água da planta, produzindo esporos germinativos no hospedeiro. As cepas patogênicas de *Fusarium oxysporum* podem causar infecções, como murcha vascular grave e doenças de podridão radicular, não apenas em *Plukenetia volubilis*, mas também em outros hospedeiros vegetais, como tomate, banana, algodão e leguminosas (PLOETZ, 2015).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, localizado a 2°53'22.70"S e 59°57'59.56"O, em Manaus – AM. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico argiloso. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen apresenta duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa (outubro-junho) e outra seca (julho-setembro). A precipitação média anual é de 2.286 mm, umidade relativa do ar de 80% a 90% com variação de temperatura entre 25 °C a 27 °C, e média anual de 26,7 °C (ALVARES et al., 2013).

As 36 progênies avaliadas têm origem no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *Plukenetia volubilis* mantido no Setor de Plantas Medicinais da Embrapa. O experimento foi implantado no ciclo agrícola 2023 – 2024.

5.1. Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido com 36 progênies de meios-irmãos no delineamento blocos ao acaso e uma planta por parcela, com 16 repetições, totalizando 576 plantas. Cada parcela foi composta por uma planta útil. O espaçamento adotado foi de 4,0 m entre linhas por 2,0 m entre plantas, totalizando uma área experimental de 0,46 ha. As sementes das progênies foram retiradas da câmara fria e semeadas em bandejas de 72 células contendo substrato comercial. A semeadura foi feita com uma semente por célula e permaneceram as bandejas em viveiro com irrigação por nebulização. A emergência ocorreu 13 dias após a semeadura e permaneceram as plântulas nas bandejas por mais 15 dias e decorrido esse prazo, foram transplantadas para sacos plásticos pretos, contendo substrato e depois de 40 dias foram transplantadas para o campo.

A área experimental é composta por Latossolo Amarelo distrófico argiloso. Noventa dias antes do transplântio, foi realizada calagem com aplicação de 2,0 t ha⁻¹ de calcário para correção da acidez do solo. Durante o período experimental, a adubação foi realizada com base na demanda nutricional da cultura e nas características químicas do solo. O nitrogênio foi aplicado na forma de ureia (45% de N), totalizando 151,39 kg ha⁻¹ de ureia. O potássio foi fornecido via cloreto de potássio (50% de K₂O), com aplicação total de 188,81 kg ha⁻¹ de KCl. O fósforo foi suprido por superfosfato triplo (41% de P₂O₅), resultando em 58,35 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Além dos macronutrientes, foram aplicados 6,0 kg ha⁻¹ de FTE BR12, fonte de micronutrientes, contendo 3% de enxofre (S), 1,8% de boro (B), 2% de manganês (Mn) e 9% de zinco (Zn). As adubações foram fracionadas em quatro aplicações, sendo duas realizadas

durante a fase vegetativa e duas durante a fase reprodutiva, com o objetivo de atender às exigências nutricionais da cultura ao longo de seu ciclo e corrigir as deficiências identificadas na análise do solo.

Houve aplicação de magnésio em duas oportunidades. Na ocasião, as plantas apresentavam sintomas de deficiência de magnésio. O sulfato de magnésio foi 500 g para 500 litros de água (21/09/2023). A outra aplicação foi em agosto de 2024. Também foi utilizada 500 g em 500 litros de água.

5.2. Análise química do solo

A caracterização química do solo foi realizada com base em amostras compostas obtidas em três áreas representativas do experimento. As análises laboratoriais revelaram que aplicação de calcário dolomítico na dosagem de 2,0 t ha⁻¹, promoveu elevação da saturação por bases para 51,85%. Após adubação, o solo apresentou os seguintes valores médios: fósforo disponível (P) de 149,7 mg/dm³; potássio trocável (K) de 0,66 cmolc/dm³; cálcio trocável (Ca) de 2,81 cmolc/dm³; magnésio trocável (Mg) de 0,94 cmolc/dm³; soma de bases (SB) de 4,07 cmolc/dm³; capacidade de troca catiônica efetiva (CTCef) de 4,21 cmolc/dm³; e acidez potencial (H⁺+Al³⁺) de 3,77 cmolc/dm³.

Quanto aos micronutrientes, foram observadas as seguintes concentrações médias: ferro (Fe) de 119 mg/dm³; zinco (Zn) de 11,91 mg/dm³; manganês (Mn) de 3,42 mg/dm³; e cobre (Cu) de 0,30 mg/dm³. Esses resultados indicam um solo com fertilidade construída, acidez ativa ainda expressiva e disponibilidade elevada de fósforo - condição atípica para Latossolos da região amazônica. Portanto, a adubação de plantio com formulação NPK permitiu suprir as deficiências nutricionais residuais, assegurando as condições mínimas adequadas para o pleno estabelecimento inicial das plantas de *Plukenetia volubilis* (sacha-inchi).

5.3. Condução e manejo

Após 30 dias do transplantio, iniciou-se a condução das plantas em espaldeiras, com a instalação de estacas de concreto e dois fios de arame, permitindo o tutoramento da parte aérea, uma vez que *P. volubilis* apresenta hábito de crescimento trepador. O tutoramento foi realizado com fitilho de nylon, guiando as plantas até os fios de arame.

O sistema de irrigação foi instalado, sendo utilizado apenas durante o transplante e em períodos com ausência de precipitação igual ou superior a quatro dias consecutivos. A área experimental destinada a este estudo foi isolada, considerando que existem áreas de produção de sementes da espécie na mesma unidade da Embrapa.



Figura 1. Área do experimento com o plantio de sachá-inchi na Embrapa Amazônia Ocidental. Fonte: C. N. Corrêa, 2025.

5.4. Colheita e beneficiamento de frutos e sementes de sachá-inchi

As colheitas dos frutos de *P. volubilis* foram realizadas semanalmente, conforme o avanço do ciclo reprodutivo e com base na coloração externa dos frutos. Os frutos foram colhidos manualmente quando apresentavam coloração marrom, indicativo de maturidade fisiológica (VALENTE et al., 2017).

Após a colheita, os frutos foram submetidos à secagem natural em ambiente coberto e ventilado (galpão), com o objetivo de reduzir gradualmente o teor de umidade. Durante o período de maior pluviosidade, a secagem foi realizada em secador solar, a fim de evitar perdas das sementes por germinação, fermentação ou contaminação fúngica.

Finalizada a secagem, os frutos foram conduzidos ao Laboratório de Plantas Medicinais e realizadas as seguintes avaliações: número total de frutos (fruto planta⁻¹), peso total de frutos (g planta⁻¹); número total de sementes (semente planta⁻¹) e peso total de sementes (semente planta⁻¹). Inicialmente, os frutos secos foram quantificados, sendo registrada a biomassa total. Posteriormente, procedeu-se a descapsulação manual, separando-se as sementes do pericarpo. As sementes obtidas foram então contadas e pesadas, com registro da biomassa individual e

total. Concluídas essas etapas, as sementes foram armazenadas em ambiente com controle de umidade relativa, visando à conservação da qualidade fisiológica e físico-química do material.



Figura 2. Colheita de frutos de *Plukenetia volubilis* (a), secagem em galpão aberto lateralmente (b), descapsulação (c), contagem e pesagem de sementes (d).

Fonte: C. N. Corrêa, 2025.

Além dos caracteres de produção, as 36 progênes de sacha-inchi foram caracterizadas a partir de um total de 25 frutos e sementes tomados de cada subamostras. As sementes tiveram o seu comprimento, largura, espessura e massa fresca determinados através de paquímetro digital (0,01 mm) e balança analítica (0,01 g), respectivamente. A partir de uma amostra de 25 frutos de cada progênie também foram avaliados os caracteres peso médio de frutos (g fruto^{-1}) e número de sementes por fruto ($\text{semente fruto}^{-1}$).

5.5. Extração do óleo fixo

Para cada progênie, foram selecionadas e misturadas sementes de todos os 16 blocos do experimento, constituindo uma amostra composta. As sementes foram submetidas a liquidificador industrial (Metvisa) por 5 segundos para promover a separação das amêndoas do tegumento. Em seguida, as amêndoas foram trituradas em liquidificador doméstico e armazenadas sob refrigeração. As extrações foram realizadas em sistema composto por câmara termostática para resfriamento, mantas aquecedoras, extrator Soxhlet de 200 mL com balão, evaporador rotativo, banho-maria e bomba a vácuo. Amostras de 15,0 g de massa triturada foram pesadas em balança de precisão de duas casas decimais e submetidas à extração em Soxhlet por três horas, utilizando hexano P.A. como solvente. Após esse período, o solvente foi removido em evaporador rotativo por 45 minutos, obtendo-se o óleo fixo. A caracterização do

óleo das sementes de cada progênie foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-EM), conforme metodologias descritas por AOCS (2004) e Hartman & Lago (1973). A identificação qualitativa dos constituintes foi feita por comparação com a biblioteca NIST 2005 (concordância mínima de 96%), e a composição quantitativa foi determinada por normalização de área (percentual relativo em massa), conforme Valente et al. (2017).

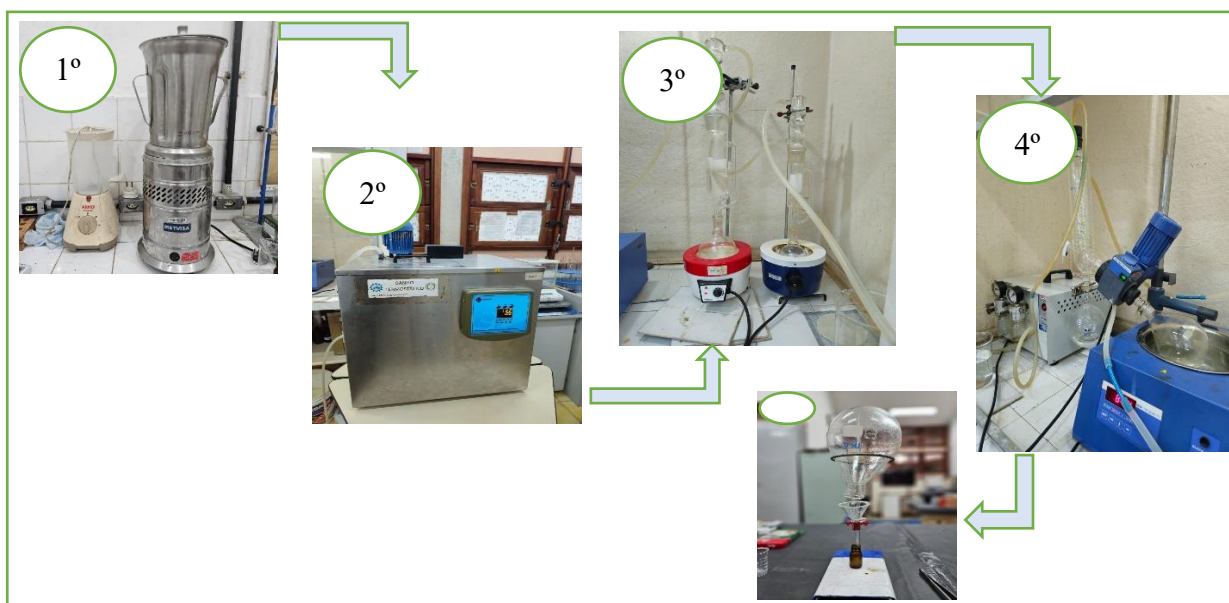


Figura 3. Etapas da extração de óleo de *Plukenetia volubilis*.

Fonte: C. N. Corrêa, 2025.

5.6. Análise estatística

Para a estimativa dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos dos caracteres de produção (número total de frutos, peso total de frutos, número total de sementes e peso total de sementes por planta), foi utilizado o método da máxima verossimilhança restrita (REML) associado à melhor predição linear não viesada (BLUP), por meio do programa computacional Selegen-REML/BLUP (Resende, 2002). Para a realização das análises, foi assumido o delineamento em blocos casualizados (Valente et al., 2017).

A herdabilidade no sentido amplo foi estimada por:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

em que $\hat{\sigma}_f^2$ foi calculada com base na média das progênies.

O coeficiente de variação genética entre progênies (CV_g), o coeficiente de variação ambiental (CV_e) e o coeficiente de variação relativa (CV_r) foram calculados pelas seguintes expressões:

$$CV_g = 100 \cdot \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{\bar{x}}, CV_e = 100 \cdot \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}}{\bar{x}}, CV_r = \frac{CV_g}{CV_e}$$

em que \bar{x} corresponde à média geral do caráter.

Para os caracteres de biometria de frutos, biometria de sementes, teor de óleo e composição de ácidos graxos, foram utilizadas médias das repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, quando significativos, as médias foram agrupadas pelo critério de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Cronologia dos Eventos Fenológicos

As mudas de sachá-inchi foram implantadas no campo no dia 23 de maio de 2023, com as primeiras plantas apresentando emissão de floração em 24 de julho de 2023, aproximadamente 62 dias após o plantio. Foi observada floração plena em 26 de agosto de 2023, indicando um período de transição e estabelecimento reprodutivo cerca de 94 dias após o plantio. A maturação dos primeiros frutos foi registrada em 31 de outubro de 2023, totalizando 161 dias desde o plantio.

O desenvolvimento das plantas seguiu um ciclo fenológico consistente com as condições agroclimáticas locais. O intervalo entre o plantio e a maturação dos primeiros frutos (161 dias) está dentro da faixa esperada para a espécie em sistemas de cultivo bem manejados.

A floração precoce observada em menos de 65 dias sugere potencial para genótipos promissores em termos de ciclo curto, o que é desejável em programas de melhoramento voltados para a produção em larga escala.

6.2. Análise dos parâmetros genéticos estimados para caracteres produtivos em *Plukenetia volubilis*

A variância genética aditiva (σ_g^2) apresentou valores expressivos para os caracteres número de frutos (2.023,06) e número de sementes por planta (26.083,92), refletindo a existência de ampla variabilidade genética entre as progênies avaliadas para esses dois caracteres (Tabela 2). Em contrapartida, a variância residual (σ_e^2) foi elevada para os caracteres relacionados ao peso, em especial para produção de frutos (1.609.236,62) e produção de sementes (31.491,36) (Tabela 2), o que sugere forte influência ambiental ou possível heterogeneidade experimental.

A herdabilidade no sentido restrito (h^2_a) variou entre os caracteres, sendo considerada moderada a alta para número de frutos (0,504) e número de sementes (0,48), e baixa para produção de frutos (0,02) e produção de sementes (0,31) (Tabela 2). Isso indica que a seleção direta para caracteres relacionados à contagem tende a ser mais eficiente em termos genéticos do que a seleção baseada diretamente na massa dos frutos ou sementes. Tal tendência é corroborada pelos valores da herdabilidade da média de progênies (h^2_{mp}), que foram mais altos para número de frutos (0,698) e número de sementes (0,69), reforçando a viabilidade da seleção entre progênies com base nesses dois caracteres (Tabela 2).

A acurácia da seleção (Ac_{prog}) foi alta para número de frutos (0,84) e número de sementes (0,83), o que indica confiabilidade nas estimativas obtidas e potencial de sucesso com a seleção fenotípica. Por outro lado, a acurácia foi consideravelmente reduzida para produção de frutos (0,29), o que limita a eficiência da seleção direta para esse caráter, ao menos nas condições avaliadas.

Os coeficientes de variação genética individual (CV_{gi}), entre progênies (CV_{gp}) e residual (CV_e) indicam que a variabilidade genética é ampla nos caracteres em contagem (CV_{gi} de 50,41% para sementes/planta), mas acompanhada de elevada variabilidade residual nos caracteres em peso (CV_e de até 80,76% em produção de frutos) sendo coerentes com a natureza quantitativa e poligênica dos caracteres de produção, com grande influência ambiental. Ainda assim, os valores do coeficiente de variação relativa (CV_r) - razão entre CV_{gi} e CV_e - demonstram que o número de frutos (0,38) e o número de sementes (0,37) apresentam maior potencial para resposta à seleção.

Por fim, a média geral do experimento revelou valores coerentes com a literatura para *P. volubilis* sob cultivo na região amazônica: 88 frutos por planta, 567,85 g de frutos por planta, 320,36 sementes por planta e 287 g de sementes por planta.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres de produção: número de frutos por planta, rendimento de frutos por planta (g/planta), número de sementes por planta, rendimento de sementes por planta (g/planta), avaliados em 36 progênies de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis*).

Parâmetros Genéticos ¹	Caracteres			
	Frutos por planta	Produção de frutos/planta (g/planta)	Sementes por planta	Produção de semente/planta (g/planta)
σ_g^2	2.023,06	37.578,20	26.083,92	13.817,06
σ_e^2	1.989,33	1.609.236,62	27.932,16	31.491,36
σ_f^2	4.012,39	1.646.814,82	54.016,08	45.308,42
h_a^2	0,504	0,02	0,48	0,31
h_{mp}^2	0,698	0,08	0,69	0,57
Ac_{prog}	0,84	0,29	0,83	0,75

h_{ad}^2	0,433	0,017	0,41	0,25
$CV_{gi}(\%)$	51,07	34,14	50,41	40,96
$CV_{gp}(\%)$	25,53	17,07	25,21	20,48
$CV_e(\%)$	67,23	80,76	20,91	71,28
CV_r	0,38	0,076	0,37	029
\underline{x}	88,076	567,85	320,36	287,00

¹ σ_g^2 : variância genética entre progênies; σ_e^2 : variância residual; σ_f^2 : variância fenotípica individual; h_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; h_{mp}^2 : herdabilidade da média de progênie, assumindo sobrevivência completa; h_{ad}^2 : herdabilidade dentro das progênies; Ac_{prog} : acurácia da seleção de progênie, assumindo sobrevivência completa; CV_{gi} : coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_{gp} : coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e : coeficiente de variação residual; CV_r : coeficiente de variação relativa; \underline{x} : média geral do experimento.

6.3. Características da seleção para o caráter número de frutos por planta em *Plukenetia volubilis*

A seleção dos 20 indivíduos superiores com base no número de frutos por planta evidenciou ganhos genéticos expressivos, reforçando o potencial da espécie para programas de melhoramento voltados à produtividade. Os ganhos diretos variaram de 101 a 79 frutos, com incrementos percentuais entre 115% e 89%, considerando-se a média original da população (Tabela 3).

O maior ganho foi observado no indivíduo do bloco 11 pertencente à progênie 17, com acréscimo de 101 frutos, o que representa um ganho relativo de 115%, elevando a nova média para 189 frutos por planta. Destacam-se ainda os indivíduos dos blocos 11 (progênie 10), 4 (progênie 2) e 3 (progênie 20), com ganhos superiores a 180 frutos e aumentos percentuais superiores a 100%.

De modo geral, as progênies 10, 2, 20 e 17 apresentaram forte recorrência entre os selecionados, indicando consistência genética e bom desempenho em diferentes blocos. A nova média da população, após a seleção, situou-se entre 189 e 167 frutos por planta, o que representa uma elevação substancial frente à média original de 88 frutos.

Tabela 3. Ganho genético e novas médias da população com a seleção e propagação por sementes dos 20 melhores indivíduos para o caráter número de frutos por planta em progênes de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis*).

Ordem	Bloco/planta	Progênie (BR)	Ganho (contagem)	Ganho (%)	Nova média
1	11	17	101	115	189
2	3	20	101	115	189
3	4	17	100	114	188
4	8	10	98	112	187
5	4	2	97	111	186
6	11	10	96	109	184
7	16	17	95	108	183
8	3	27	93	106	181
9	4	9	91	103	179
10	9	11	89	101	177
11	5	27	88	100	176
12	9	17	86	98	174
13	12	33	85	97	173
14	7	17	84	96	172
15	13	17	83	94	171
16	3	29	82	93	170
17	9	25	81	92	169
18	13	9	80	91	168
19	11	30	79	90	168
20	8	17	79	89	167

6.4. Resultados da seleção para o caráter número de sementes por planta em *Plukenetia volubilis*

A seleção dos 20 indivíduos superiores quanto ao número de sementes por planta revelou um ganho genético expressivo, reforçando a correlação positiva entre esse caráter e o rendimento final da cultura (Tabela 4). Os ganhos diretos variaram entre 400 e 278 sementes por planta, com ganhos percentuais que oscilaram de 125% a 87% em relação à média original da população (320 sementes).

O maior ganho absoluto foi observado no indivíduo do bloco 8 da progênie 10, com um incremento de 400 sementes, resultando em uma nova média de 721 sementes por planta - o que representa um aumento percentual de 125%.

As progênies 10, 2, 20 e 17 novamente se destacaram, evidenciando padrão de superioridade genética recorrente nos caracteres produtivos. Isso sugere que tais progênies concentram alelos favoráveis ao maior acúmulo de frutos e sementes, características de alto interesse agrônômico.

Após a seleção, a nova média populacional dos indivíduos superiores variou entre 721 e 598 sementes por planta, o que representa elevações percentuais de até 125% em relação à média geral. Tais resultados confirmam a elevada amplitude genética existente na população avaliada e reforçam o potencial de seleção indireta para rendimento de sementes, com impactos positivos esperados também sobre a produtividade de óleo.

A consistência observada entre as progênies superiores nos três caracteres principais (massa de sementes, número de frutos e número de sementes) aponta para a possibilidade de ganhos acumulativos mediante seleção simultânea e recorrente.

Tabela 4. Ganho genético e novas médias da população com a seleção e propagação por sementes dos 20 melhores indivíduos para o caráter número de semente por planta em progênies de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis*).

Ordem	Bloco/planta	Progênie (BR)	Ganho (contagem)	Ganho (%)	Nova média
1	8	10	400	125	721
2	4	2	396	124	716
3	11	10	385	120	706
4	3	20	379	118	699
5	4	17	366	114	686
6	3	27	355	111	676

7	16	17	344	108	665
8	9	11	335	105	655
9	13	10	328	103	648
10	13	17	321	100	641
11	5	27	315	98	635
12	9	17	309	97	630
13	11	17	304	95	624
14	12	33	299	93	620
15	10	9	295	92	615
16	13	9	291	91	611
17	5	4	288	90	608
18	7	17	284	89	604
19	8	17	281	88	601
20	10	16	278	87	598

6.5. Seleção para o caráter massa de sementes por planta em *Plukenetia volubilis*

A análise da Tabela 5 revelou ganhos genéticos relevantes na seleção dos 20 indivíduos superiores quanto à massa de sementes por planta, um caráter diretamente relacionado à produtividade e ao rendimento de óleo na cultura da sachá-inchi. Os ganhos absolutos variaram de 286 g a 166 g por planta, com ganhos percentuais que oscilaram entre 100% e 58% em relação à média original da população (287 g).

O maior ganho foi identificado no indivíduo do bloco 4 da progênie 2, com incremento de 286 g, resultando em uma nova média de 573 g por planta - um acréscimo percentual de 100%.

As progênies 10, 2, 17 e 20 novamente se destacaram, representando a maioria dos indivíduos superiores, o que demonstra estabilidade de desempenho e valor genético para caracteres produtivos. A presença recorrente dessas progênies entre os melhores indivíduos para todos os caracteres avaliados até aqui (número de frutos, número de sementes e massa de sementes) indica um potencial promissor para sua utilização em programas de melhoramento genético.

As novas médias dos indivíduos selecionados variaram entre 573 g e 453 g por planta, refletindo aumentos percentuais expressivos, o que reforça a viabilidade da seleção recorrente para incremento de produtividade.

Esses resultados indicam a existência de ampla variabilidade genética para o caráter massa de sementes por planta na população avaliada e evidenciam que a seleção direta pode resultar em ganhos substanciais. Além disso, dada a correlação positiva com características como número de sementes e teor de óleo, a massa de sementes configura-se como um parâmetro-chave na definição de genótipos superiores para fins comerciais.

Tabela 5. Ganho genético e novas médias da população com a seleção e propagação por sementes dos 20 melhores indivíduos para o caráter rendimento de semente por planta (g) em progênies de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis*).

Ordem	Bloco/planta	Progênie (BR)	Ganho (g)	Ganho (%)	Nova média
1	4	2	286	100	573
2	3	20	263	92	550
3	3	10	243	85	530
4	8	10	227	79	514
5	4	17	217	76	504
6	11	10	210	73	497
7	3	27	204	71	491
8	11	17	199	69	486
9	5	27	195	68	482
10	13	17	191	67	478
11	12	33	188	66	475
12	6	33	185	64	472
13	3	29	182	63	469
14	8	33	179	62	466
15	5	2	177	62	464
16	16	17	174	61	461
17	13	10	172	60	459
18	4	9	170	59	457
19	1	23	168	59	455
20	13	9	166	58	453

6.6. Biometria de frutos e sementes

Além dos caracteres de produção, as 36 progênies de sacha-inchi foram caracterizados a partir de um total de 25 frutos e sementes tomados de cada subamostra (Tabela 6). O número de sementes por frutos variou de 4,0 a 4,52 sementes. A progênie 9 destacou-se isoladamente no grupo superior (4,52 sementes), enquanto as progênies 1, 13, 14, 16, 25, 26 e 28 compuseram grupo intermediário. Geralmente os frutos de sacha-inchi apresentam quatro lóbulos, podendo variar de três a sete, contendo uma semente oleaginosa dentro de cada um destes (Oliveira et al., 2013). No entanto, de acordo com Valente et al. (2017), o lóculo pode não conter a semente ou estar atrofiada, o que explica a variação existente entre os genótipos em nossa avaliação. Além disso, maioria das progênies concentrou-se no grupo de menor média, com valores próximos de quatro sementes por fruto. A amplitude relativamente estreita sugere estabilidade do caráter, compatível com o padrão morfológico da espécie. Ainda assim, a identificação de grupo superior indica possibilidade de discriminação genética e eventual aproveitamento em seleção.

O peso médio dos frutos foi de 6,45 g, com a progênie 15 se destacando chegando a obter média até 164% superior a outras (2, 10, 11, 12, 19, 26, 27, 29 e 30). Um conjunto expressivo de progênies (7, 8, 9, 13, 20, 22, 30, 34 e 35) integrou grupo de médias elevadas, enquanto outras se distribuíram em grupos de menor magnitude. A maior amplitude observada para esse caráter sugere maior potencial de diferenciação entre materiais, indicando possibilidade de ganhos por seleção. Esses dados foram superiores ao relatado por Valente et al. (2017) que trabalhando com progênies da mesma região encontraram valores médios de 3,42 g. A formação de grupos distintos em todas as variáveis indica variabilidade fenotípica entre os materiais avaliados. Os coeficientes de variação (CV) oscilaram entre 5,79% (comprimento de fruto) e 7,93% (peso de frutos), revelando boa precisão experimental e adequada confiabilidade dos dados.

O comprimento de frutos teve média geral de 23,09 mm, variando de 21,50 a 25,77 mm (CV = 5,79%). As progênies 7 e 15 formaram o grupo superior, apresentando os maiores valores de comprimento. Parte considerável das progênies concentrou-se em grupos intermediários, enquanto algumas apresentaram valores inferiores estatisticamente distintos.

A largura média foi de 44,62 mm, com variação entre 41,46 e 49,93 mm (CV = 6,14%). As progênies 7, 9 e 15 integraram o grupo superior, destacando-se pelas maiores dimensões

laterais de fruto. Observa-se distribuição relativamente ampla entre os grupos, confirmando variabilidade para o caráter.

De forma conjunta, as progênes 7, 9 e 15 apresentaram desempenho superior para múltiplos caracteres biométricos do fruto. A progênie 15 destacou-se principalmente pelo maior peso e comprimento, enquanto a progênie 9 combinou maior número de sementes com elevada largura de fruto. A progênie 7 apresentou desempenho consistente para dimensões do fruto. A coincidência de maiores valores de peso, comprimento e largura sugere possível associação fenotípica positiva entre essas variáveis, indicando que frutos maiores tendem a apresentar maior massa. Contudo, a confirmação dessa hipótese requer análise específica de correlação. Embora o número de sementes por fruto tenha apresentado menor amplitude, a identificação de progênie estatisticamente superior demonstra potencial para diferenciação e eventual exploração em programas de melhoramento. Os resultados evidenciam variabilidade entre as progênes avaliadas, permitindo identificar materiais com desempenho superior para caracteres relacionados ao tamanho e massa de frutos.

Para os parâmetros peso, comprimento e largura de sementes, a avaliação das 36 progênes evidenciou diferenças significativas conforme agrupamento pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade (Tabela 7). Para espessura de sementes, não houve formação de grupos distintos, indicando ausência de diferença estatística entre as progênes para esse caráter.

Tabela 6. Média dos caracteres de fruto e sementes avaliados em 36 progênes de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Progênes	Semente por fruto (n)		Peso de frutos (g)		Comprimento de frutos (mm)		Largura de fruto (mm)	
1	4,2	b	6,49	c	22,88	c	44,56	c
2	4,0	c	5,72	e	22,36	c	43,06	d
3	4,04	c	6,12	d	22,5	c	42,98	d
4	4,0	c	6,05	d	21,94	d	43,61	c
5	4,0	c	6,63	c	23,22	b	44,55	c
6	4,12	c	6,97	b	23,37	b	46,04	b
7	4,0	c	7,05	b	25,34	a	49,08	a
8	4,12	c	7,46	b	23,71	b	45,84	b
9	4,52	a	7,56	b	24,38	b	48,55	a
10	4,0	c	5,27	e	22,73	c	42,69	d
11	4,0	c	5,2	e	21,6	d	42,1	d
12	4,0	c	5,58	e	23,02	c	43,81	c
13	4,28	b	7,12	b	22,2	d	42,72	d

14	4,2	b	6,9	c	23,46	b	45,2	b
15	4,0	c	8,55	a	25,77	a	49,93	a
16	4,28	b	6,21	d	21,81	d	42,25	d
17	4,0	c	5,86	d	22,53	c	41,46	d
18	4,04	c	6,84	c	23,78	b	46,14	b
19	4,0	c	5,34	e	22,81	c	42,59	d
20	4,08	c	7,07	b	23,82	b	44,74	c
21	4,0	c	6,48	c	23,54	b	46,19	b
22	4,12	c	7,11	b	23,67	b	47,1	b
23	4,08	c	6,09	d	22,55	c	44,32	c
24	4,04	c	6,41	d	23,25	b	46,7	b
25	4,16	b	6,16	d	22,87	c	44,12	c
26	4,16	b	5,79	e	23,2	b	43	d
27	4,12	c	5,79	e	22,14	d	41,89	d
28	4,16	b	6,68	c	23,67	b	45,39	b
29	4,04	c	5,73	e	21,66	d	42,89	d
30	4,0	c	7,17	b	24,08	b	46,78	b
31	4,0	c	5,73	e	21,5	d	43,08	d
32	4,0	c	6	d	22,5	c	44,31	c
33	4,0	c	5,96	d	23,14	b	42,99	d
34	4,04	c	7,25	b	23,71	b	44,88	c
35	4,12	c	7,1	b	23,88	b	46,24	b
36	4,08	c	6,6	c	22,71	c	44,53	c
Média	4,08		6,45		23,09		44,62	
CV (%)	6,56		7,93		5,79		6,14	

¹Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o critério de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Quanto à caracterização biométrica, os resultados foram semelhantes ao relatado por Valente et al. (2017), que também trabalhou com germoplasma oriundos da região amazônica. A média geral foi de 0,98 g, com variação de 0,80 a 1,08 g. No entanto, quando comparados com germoplasmas coletados no Peru, percebe-se valores abaixo, uma vez que Yang et al. (2015) encontraram valores médio de 1,33 g para sementes. As progênies 24 (1,08 g), 33 (1,07 g), 26 (1,06 g), 20 (1,05 g), 6 e 18 (1,04 g) destacaram-se no grupo superior. Em contraste, as progênies 10 (0,81 g) e 25 (0,80 g) apresentaram as menores médias. A formação de três grupos distintos indica variabilidade fenotípica relevante para o caráter, sugerindo potencial de seleção para incremento do peso individual das sementes.

A média geral do comprimento de sementes (Tabela 7) foi de 18,08 mm, variando de 16,88 a 19,20 mm (CV = 6,19%). As progênies 6 (19,20 mm) e 7 (19,17 mm) formaram o grupo

superior, diferindo estatisticamente das demais. Parte significativa das progênes concentrou-se no grupo intermediário, enquanto 10, 25 e 36 apresentaram os menores comprimentos. A distribuição dos grupos indica variação moderada, com possibilidade de discriminação entre materiais quanto ao tamanho longitudinal das sementes.

A largura média foi de 15,35 mm, com variação de 14,22 a 16,27 mm (CV = 5,85%). As progênes 6, 7, 24 e 32 integraram o grupo superior, apresentando as maiores larguras. Progênes como 10, 13 e 25 compuseram o grupo de menores médias. A baixa magnitude do CV indica boa precisão experimental para esse caráter.

A espessura média foi de 8,31 mm, variando de 7,47 a 11,11 mm. Apesar da amplitude e numérica, todas as progênes pertencem ao mesmo grupo estatístico, indicando ausência de diferenças significativas. O elevado CV (41,32%) sugere maior variabilidade experimental ou influência de fatores não controlados, reduzindo o poder discriminatório da análise para esse parâmetro. Observa-se variabilidade fenotípica consistente para peso e dimensões longitudinais e laterais das sementes, enquanto a espessura não apresentou diferenciação estatística entre progênes. As progênes 6 e 7 destacam-se simultaneamente para comprimento e largura, indicando sementes de maior dimensão. A progênie 24 apresenta o maior peso médio e elevada largura, configurando-se como material promissor para incremento do peso individual da semente. A tendência de que sementes com maiores dimensões apresentem maior peso sugere possível associação fenotípica positiva entre essas variáveis, hipótese que pode ser confirmada por análises de correlação. Os resultados indicam a existência de variabilidade entre as progênes avaliadas para caracteres biométricos de sementes, permitindo a identificação de materiais com potencial para estratégias de seleção voltadas ao aprimoramento do tamanho e peso das sementes em *Plukenetia volubilis*.

Tabela 7. Média dos caracteres de fruto e sementes avaliados em 36 progênes de sachá-inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Progênes	Peso de sementes (g)		Comprimento de sementes (mm)	Largura de sementes (mm)	Espessura de semente (mm)			
1	0,97	a	18,2	b	15,06	c	8,32	a
2	1,02	a	18,16	b	15,6	b	8,53	a
3	0,94	b	17,91	c	14,88	c	8,12	a
4	0,9	b	17,51	c	15,17	c	7,96	a
5	1,0	a	18,33	b	15,67	b	7,94	a
6	1,04	a	19,2	a	16,14	a	8,13	a

7	1,02	a	19,17	a	16,27	a	8,21	a
8	1,03	a	18,28	b	15,67	b	11,11	a
9	0,9	b	17,55	c	15,23	c	8,24	a
10	0,81	c	17,15	d	14,58	d	7,47	a
11	0,98	a	18,3	b	15,73	b	8,03	a
12	0,9	b	17,8	c	14,95	c	7,81	a
13	0,85	c	17,68	c	14,57	d	7,57	a
14	0,99	a	17,96	c	15,42	b	8,01	a
15	0,97	a	18,53	b	14,81	d	8,13	a
16	1,0	a	18,33	b	15,29	c	10,94	a
17	0,98	a	18,07	b	15,22	c	8,24	a
18	1,04	a	18,27	b	15,59	b	8,46	a
19	1,0	a	18,35	b	15,3	c	8,04	a
20	1,05	a	18,22	b	15,48	b	8,43	a
21	0,91	b	17,72	c	15,46	b	7,77	a
22	0,99	a	17,76	c	15,43	b	8,04	a
23	1,03	a	18,4	b	15,47	b	8,32	a
24	1,08	a	18,65	b	16,08	a	8,22	a
25	0,8	c	16,88	d	14,22	d	8,12	a
26	1,06	a	18,31	b	15,3	c	8,34	a
27	1,02	a	18,3	b	15,23	c	8,5	a
28	0,95	b	18,44	b	15,14	c	8,12	a
29	0,99	a	18,03	b	15,6	b	8,16	a
30	0,98	a	17,48	c	15,56	b	8,21	a
31	0,97	a	17,85	c	15,52	b	8,05	a
32	1,03	a	18,2	b	15,94	a	8,42	a
33	1,07	a	18,55	b	15,75	b	8,68	a
34	1,0	a	18,04	b	15,35	b	8,14	a
35	1,0	a	18,27	b	15,03	c	8,16	a
36	0,93	b	17,1	d	15,03	c	8,14	a
Média	0,98		18,08		15,35		8,31	
CV (%)	14,13		6,19		5,85		41,32	

¹Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o critério de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Tendo em vista que o principal valor comercial da sachá-inchi está no óleo extraído de suas sementes, estimou-se, então, o rendimento de óleo de cada progênie (Tabela 8). O teor de óleo das sementes variou de 43,55 a 52,34%, com média de 49,47% de rendimento de extração em termos de massa de óleo em g por 100 g de amêndoas trituradas. Estes valores ficaram próximos ao encontrados por Hamaker et al. (1992) e Follegatti-Romero et al. (2007), com valores de 53 e 54,3%, respectivamente. E foram superiores aos 29,07% encontrados por

Valente et al. (2017). Esta diferença pode estar relacionada com o tempo de colheita das sementes, visto que nesse trabalho o período de colheita foi mais longo. Entretanto, seria uma possível adaptação às condições do local de plantio, uma vez que as progênes utilizadas por Valente et al. (2017) estavam em primeiro cultivo, já as utilizadas nesse trabalho foram plantadas várias vezes (pelo menos 3 vezes), se tornando mais adaptada às condições específicas de solo e clima local, resultando em maior produtividade. Houve maior rendimento quando comparadas com sementes coletadas no Peru, em que o trabalho realizado por Yang et al. (2015) obtiveram rendimento de 34,13%. Em nosso estudo, todas as progênes tiveram ótimo rendimento de óleo. A progênie 19 foi a única que apresentou valores abaixo das demais, obtendo menor rendimento (43,55%). Já as progênes 4, 7, 9, 10, 11, 14, 18, 22, 23, 29 e 33 obtiveram rendimento acima de 50%, apresentando grande potencial para esta característica.

A composição dos ácidos graxos foi próxima a valores obtidos em outros trabalhos com a espécie utilizando germoplasma originário do Peru (GUTIÉRREZ et al., 2011, FOLLEGATTI-ROMERO et al., 2007) e do Brasil (VALENTE et al., 2017). De acordo com Valente et al. (2017) o óleo de sacha-inchi é um dos mais ricos em ácidos graxos insaturados, o que foi visto nesse trabalho, chegando a 89,87% do total, tornando essa composição especial para suplementação humana e animal.

O teor médio de ácido linolênico foi de 40,72%, sendo este óleo rico em ômega-3. Os ácidos linoleicos (ômega-6) e oleico (ômega-9) também apresentaram altos teores, com média de 36,48 e 12,67%, respectivamente. Os ácidos graxos saturados: palmítico (5,64%) e esteárico (4,49%) foram superiores ao encontrados por Hamaker et al. (1992); Gutiérrez et al. (2011); Chirinos et al. (2015); Valente et al. (2017). Do mesmo modo, apresentou valor superior para o ácido graxo saturado oleico (12,67%) e valores parecidos para o linoleico, com valor médio de 36,48%. No entanto, o valor médio de 40,72% encontrado para o ácido linolênico foi abaixo do encontrado por Hamaker et al. (1992); Gutiérrez et al. (2011); Chirinos et al. (2015); Valente et al. (2017) e Truong et al. (2023); que encontraram valores acima de 45%. Esse rendimento abaixo da literatura pode ter ocorrido por causa do método de extração utilizado nesse trabalho, uma vez que o método de extração com solvente pode gerar deterioração do ácido linolênico na extração e refino pelo uso de altas temperaturas (BOZAN e TEMELLI, 2002; L'ETISSE et al., 2006).

Tabela 8. Rendimento de óleo e composição em ácidos graxos avaliados em 36 progênes de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Progênes	Rendimento de óleo (g/100g)	Composição relativa dos ácidos graxos (%)				
		Palmítico (C16)	Esteárico (C18)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolênico (C18:3)
1	49,56	5,67	4,59	12,14	36,67	40,94
2	47,41	5,30	4,27	12,22	36,36	41,86
3	49,65	5,53	4,29	12,40	38,30	39,51
4	52,34	5,65	4,75	12,80	36,78	40,04
5	49,61	5,22	4,38	12,37	40,45	37,60
6	47,78	5,77	4,51	12,93	36,49	40,31
7	50,45	5,27	4,29	12,51	38,40	39,55
8	48,98	5,84	4,56	13,18	38,12	38,32
9	52,00	5,69	4,79	11,98	35,22	42,34
10	50,00	5,87	4,30	11,59	35,57	42,68
11	50,64	5,63	4,47	12,48	35,70	41,74
12	49,62	6,06	5,21	14,37	34,50	39,87
13	49,23	6,41	4,83	14,18	35,45	39,16
14	51,88	5,64	4,69	12,47	36,43	40,78
15	48,32	5,48	4,31	12,72	36,71	40,79
16	49,36	5,27	4,20	12,23	37,56	40,74
17	49,48	5,44	4,30	13,41	37,18	39,68
18	51,93	5,40	4,37	12,87	35,89	41,48
19	43,55	5,29	4,08	12,37	37,45	40,83
20	48,94	6,09	4,83	13,60	35,10	40,41
21	49,52	5,01	4,20	12,09	37,31	41,40
22	51,33	4,90	4,15	12,77	37,07	41,12
23	50,43	6,05	5,13	13,24	35,94	39,66
24	47,09	5,96	4,64	13,38	36,56	39,47
25	49,90	6,24	4,43	12,44	36,14	40,76
26	48,91	6,01	4,04	11,86	37,53	40,57
27	46,77	5,74	4,41	12,45	36,43	40,99
28	49,04	5,85	4,08	12,25	37,44	40,39

29	50,92	5,90	4,75	13,07	34,50	41,80
30	48,92	5,41	4,40	12,10	34,63	43,47
31	48,54	6,06	4,82	13,02	35,01	41,10
32	48,54	6,06	4,82	13,02	35,01	41,10
33	51,02	5,54	4,50	12,30	36,38	41,29
34	49,69	5,16	4,06	12,77	35,97	42,05
35	49,84	5,34	4,54	12,30	36,27	41,57
36	49,75	5,27	4,75	12,47	36,97	40,55
Média	49,47	5,64	4,49	12,67	36,48	40,72
Desv. Padrão	1,67	0,36	0,29	0,60	1,24	1,17
C.V	3%	6%	7%	5%	3%	3%

6.7. Progênieis mortas por murchamento

Durante a condução do experimento, observou-se a mortalidade de indivíduos com sintomas característicos de fusariose, incluindo graves infecções que resultaram em podridão radicular e na base do caule. A progressão da doença foi marcada pela murcha foliar, seguida de amarelecimento e abscisão, sintomas decorrentes da obstrução do xilema pelo micélio fúngico e pelo acúmulo de metabólitos no tecido vascular. Os sintomas são mostrados na figura 4.

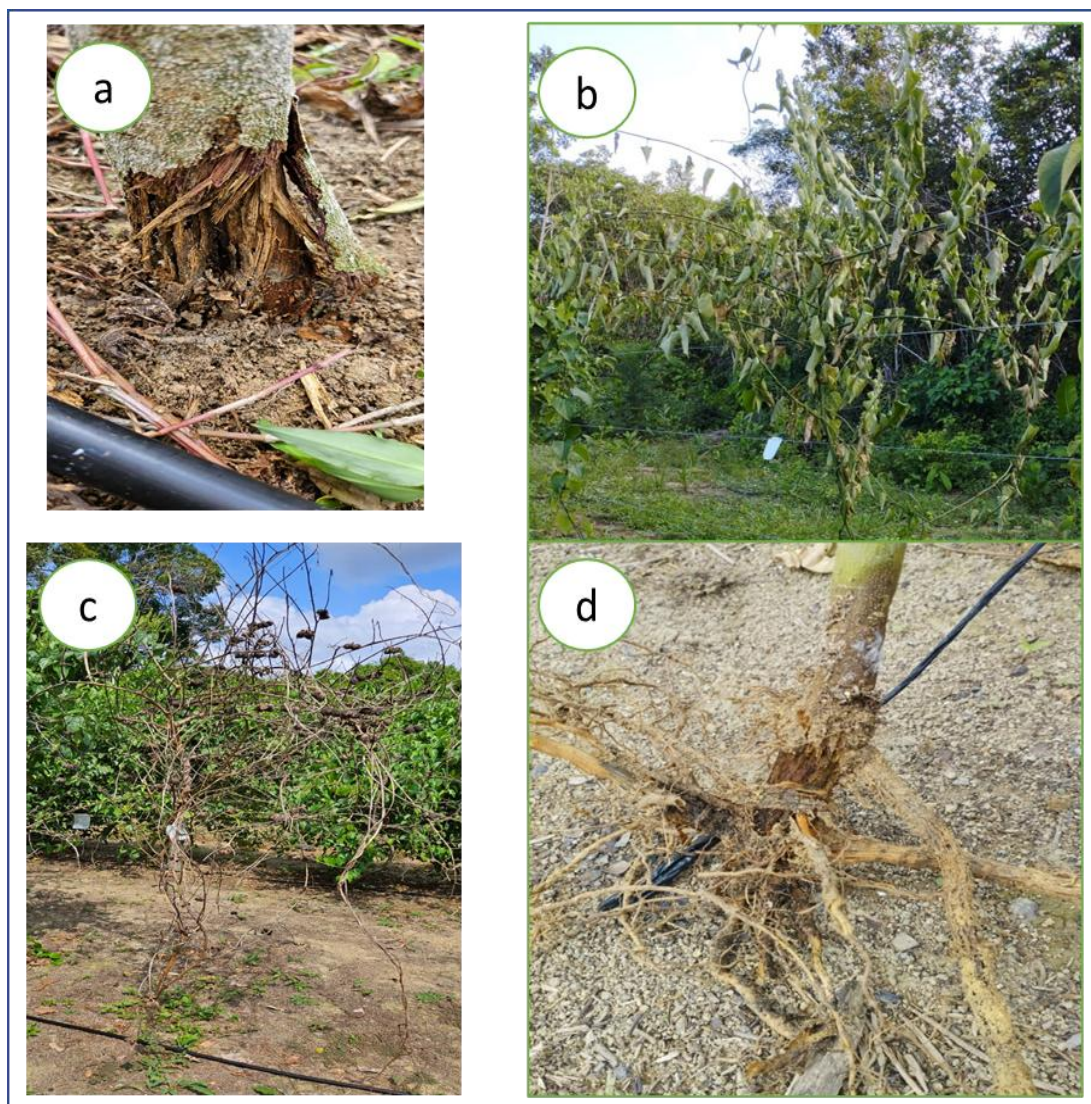


Figura 4. Murcha na base do caule (a); murcha da parte aérea da planta causada por fusariose (b); planta seca após as folhas caírem (c); raízes podres (d), em *Plukenetia volubilis*.

Fonte: C. N. Corrêa, 2025.

Os dados de mortalidade, consolidados no Quadro 1, revelam uma variação expressiva entre as progênies avaliadas. As taxas de mortalidade variaram de 6,25% (nas progênies BR 9 e BR 10) a 87,5% (na progênie BR 6). Essa discrepância nos índices de sobrevivência em um ambiente sob a mesma pressão do patógeno é um indicativo fundamental de variabilidade genética para tolerância à fusariose dentro do germoplasma estudado.

A identificação de progênies como a BR 9 e BR 10, que apresentaram os menores índices de mortalidade, com apenas 6,25% cada, indica potencial variabilidade genética para tolerância à doença, sendo estratégicas para o programa de melhoramento, pois demonstra um vigor superior e potencial de resistência em condições de campo. Por outro lado, a mortalidade

registrada ocorreu mesmo em um sistema de cultivo com manejo adequado de solo e fertilidade, o que reforça que as perdas não foram causadas por deficiências nutricionais, mas sim pela agressividade do *Fusarium sp.* na área experimental.

A análise conjunta desses dados com a alta herdabilidade encontrada para caracteres de produção, como o número de frutos (0,504) e de sementes (0,48), sugere que a seleção de indivíduos sobreviventes dentro das progênies mais tolerantes pode proporcionar ganhos genéticos robustos. Assim, as progênies que aliam baixa mortalidade (Quadro 1) à alta produtividade (Tabelas 3 e 4) devem ser priorizadas para as próximas etapas de seleção e multiplicação, visando o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do Amazonas.

Quadro 1. Percentagem do total de mortes em plantas de sacha-inchi de progênies dentro das repetições.

BLOCOS																		
Progênie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	TOTAL	%
BR 1			M	M	M		M								M		5	31,25
BR 2	M	M	M		M			M					M				6	31,25
BR 3							M				M					M	3	18,75
BR 4		M		M	M					M		M					5	31,25
BR 5							M					M				M	3	18,75
BR 6	M	M	M	M	M	M	M	M		M	M	M	M	M		M	14	87,5
BR 7				M	M	M		M	M	M				M	M		8	50
BR 8		M	M	M	M	M		M				M			M	M	9	56,25
BR 9									M								1	6,25
BR 10																M	1	6,25
BR 11		M									M		M				3	18,75
BR 12		M		M					M								3	18,75
BR 13						M					M		M				3	18,75
BR 14	M						M										2	12,5
BR 15		M			M	M					M						4	25
BR 16				M		M							M			M	4	25
BR 17					M							M					2	12,5
BR 18					M			M		M			M		M		5	31,25
BR 19	M		M	M		M						M					4	25
BR 20	M			M		M	M			M		M	M		M		8	50
BR 21	M			M	M					M				M			5	31,25
BR 22	M	M		M	M	M	M		M	M	M		M		M		11	68,75
BR 23				M	M					M			M	M			5	31,25
BR 24												M	M	M	M		4	25
BR 25	M	M	M	M				M		M	M	M	M				9	56,25
BR 26	M					M	M				M			M			5	31,25

BR 27			M							M		M	M	M		M	6	37,5
BR 28	M			M	M	M			M	M			M		M	M	9	56,25
BR 29		M		M		M							M			M	5	31,25
BR 30		M														M	2	12,5
BR 31			M			M											2	12,5
BR 32			M								M						2	12,5
BR 33			M	M	M	M				M		M	M				7	43,75
BR 34			M		M	M			M		M		M				6	37,5
BR 35				M	M							M	M			M	5	31,25
BR 36			M								M						2	12,5

7. CONCLUSÕES

A população estudada apresenta variabilidade genética para produção em número de frutos por planta, número de sementes por planta e produção de sementes por planta e é suficiente para obter ganhos genéticos com seleção. Além disso, com as avaliações realizadas aos 10 meses após o plantio e seleção com reprodução por sementes dos 20 indivíduos com maiores valores genéticos são estimados ganhos genéticos com incremento de 89% (79 frutos) para produção média da população; com a seleção e reprodução dos 20 indivíduos com maiores valores genéticos para produção de número de sementes e produção de sementes o ganho estimado é de 87% (278 sementes) e 166 g (58%), respectivamente, de aumento em relação à média da população.

Considerando que o interesse comercial na sachá-inchi é a produção de óleo extraído das sementes secas, os seguintes indivíduos ou plantas distribuídas em nove progênies devem ser selecionados e propagados por sementes para a característica produção de sementes: BR 2: 5 e 4; BR 9: 4 e 13; BR 10: 3, 8, 11 e 13; BR 17: 4, 11, 13 e 16; BR 20: 3; BR 23: 1; BR 27: 5 e 3; BR 29: 3; BR 33: 6, 8 e 12. Adicionalmente, deve-se realizar testes de resistência à fusariose por meio de inoculação do *Fusarium oxysporum* e verificar a incidência entre as progênies de meios-irmãos.

8. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., MORAES GONÇALVES, J. L., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO-DAIRIKI, T. B.; CHAVES, F. C. M.; DAIRIKI, J. K. Seeds of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, Euphorbiaceae) as a feed ingredient for juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*, and matrinxã, *Brycon amazonicus* (Characidae). **Acta Amazonica**, v. 48, p. 32-37, 2018.
- ARÉVALO, G. G. El Cultivo del sachai-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonía. 1996.
- BÁRBARO, I. M. et al. Variabilidade e correlações entre produtividade de grãos e caracteres agronômicos de soja com aptidão para cultivo em áreas de reforma de canavial. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p.136 - 145, 2007.
- BONETI, J. E. B.; BARROS, R. T.; MELO, L. F.; LOPES, M. T. G.; MARTINS, C. C. **Temperature effects on the germination of *Plukenetia volubilis* L. seeds**. In: ASA, CSSA, and SSSA Annual Meeting, 2014, Long Beach, CA. Seed Physiology, Production and Technology: II, p.1, 2014.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. Melhoramento de Plantas. 4ª edição. Viçosa: UFV, 2009.
- BOZAN, B.; TEMELLI, F. Supercritical CO2 extraction of flaxseed. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 79, n. 3, p. 231-235, 2002.
- CAI, Z. Q. Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of sacha-inchi (*Plukenetia volubilis*) plants. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 1235-1237, 2011.
- CAI, Z. Q. D.; JIAO, Y.; TANG, S. X.; DAO, X. S.; LEI, Y. B.; CAI, C. T. Leaf photosynthesis, growth, and seed chemicals of sacha-inchi plants cultivated along an altitude gradient. **Crop Science**, v. 52, p. 1859-1867, 2012.
- CARDOSO, A. A. S.; LOPES, M. T. G.; VALENTE, M. S. F.; QUISEN, R. C.; CHAVES, F. C. M. Morfometria de sementes, germinação in vitro e propagação vegetativa de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, p. 1-7, 2018.
- CASTILLO, A. M. R., GONZALEZ-ASPAJO, G., DE FÁTIMA SÁNCHEZ-MÁRQUEZ, M. F.; KODAHN, N. Ethnobotanical knowledge in the peruvian Amazon of the neglected and underutilized crop Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). **Economic Botany**, v. 73, n. 2, p. 281-287, 2019.
- CÉSPEDES, E. I. M. Cultivo de sacha-inchi. Tarapoto, San Martin, Peru: INIIA, Subdirección de Recursos Genéticos Y Biotecnología, 2006. 11 p.
- CESPEDES, I. E. M. El cultivo de sacha inchi. San Martin: Instituto Nacional de Investigación Agraria del Peru, 2008. 60 p.

CHAI, X.; YANG, Z.; FU, Q.; PAN, B. Z.; TANG, M.; LI C, XU Z. F. First report of root and basal stem rot in sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) caused by *Fusarium oxysporum* in China. **Plant Disease**, v. 102, n. 1, p. 242, 2018.

CHAVES, F. C. M.; SILVA, E. S.; LOPES, M. T. G.; VALENTE, M. S. F.; RODRIGUES, R. A. F.; RODRIGUES, H. S. *Plukenetia volubilis* Amendoim-amazônico. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: Região Norte. 1. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2022. v. 1. 1452p.

CHIRINOS, R.; PEDRESCHI, R.; DOMÍNGUEZ, G.; CAMPOS, D. Comparison of the physico-chemical and phytochemical characteristics of the oil of two *Plukenetia* species. **Food Chemistry**, v. 173, p. 1203-1206, 2015.

CLAVIJO, D. B.; RODRÍGUEZ, F. V.; ESTUPIÑÁN, J. E. C. Using plukenetia volubilis (sacha inchi) to improve the nutritional components of burger. **Enfoque UTE**, v. 6, n. 2, p. 59-76, 2015.

CRUZ, C. D; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol. 2. Viçosa, UFV, 2009.

DELGADO, J. P. M. Seleção de progênies, repetibilidade, diversidade genética e viabilidade de pólen em Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.). 2021. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM).

DEAN, R.; VAN KAN, J. A. L.; PRETORIUS, Z. A.; HAMMOND-KOSACK, K. E.; DI PIETRO, A.; SPANU, P. D. et al. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 13, p. 414–430, 2012.

FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics. 3rd ed. New York: Longman Scientific and Technical, 1989. 438 p.

FALEIRO, F. G. et al. Comparação de blocos casualizados e testemunhas intercalares na estimação de parâmetros genéticos em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1675- 1680, 2002.

FERRÃO, R. G. et al. Parâmetros genéticos em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 61-69, 2008.

FERREIRA, P. V. Melhoramento de plantas. v.3: Estimação dos parâmetros genéticos. Maceió: EDUFAL, 2006.

FOLLEGATTI-ROMERO, L. A. Extração de óleo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) com dióxido de carbono supercrítico. 2007. 95p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

GARMENDIA, F.; PANDO, R.; RONCEROS, G. Effect of sacha-inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) on the lipid profile of patients with hyperlipoproteinemia. . **Revista peruana de medicina experimental y salud publica**, v. 28, n. 4, p. 628-632, 2011.

GAMA, R. T. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela sachá-inchi em latossolo da Amazônia Central. 2022. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2022.

GEISER, D. M., AOKI, T., BACON, C. W., BAKER, S. E., BHATTACHARYYA, M. K.; BRANDT, M. E. et al. One fungus, one name: defining the genus *Fusarium* in a scientifically robust way that preserves longstanding use. **Phytopathology**, v. 103, n. 5, p. 400-408, 2013.

GILLESPIE, L. J.; ARMBRUSTER, W. S. A contribution to the Guianan flora : Dalechampia, Haematostemon, Omphalea, Pera, Plukenetia, and Tragia (Euphorbiaceae) with notes on subfamily Acalyphoideae. **Smithson. Contrib. Bot**, v. 86, p. 1-48, 1997.

GONG, H. D.; GENG, Y. J.; YANG, C.; JIAO, D. Y.; CHEN, L.; CAI, Z.-Q. Yield and resource use efficiency of *Plukenetia volubilis* plants at two distinct growth stages as affected by irrigation and fertilization. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 80, 2018.

GORDON, T. R.; MARTYN, R. D. The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. **Annual review of phytopathology**, v. 35, n. 1, p. 111-128, 1997.

GUTIÉRREZ, L. F.; ROSADA, L. M.; JIMÉNEZA, A. Chemical composition of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. **Grasas y Aceites**, v. 62, n. 1, p.76-83, 2011.

GUTIÉRREZ, L. F.; YOLANDA, Q. S.; ZAIN, S. R.; DÍAZ, D. L.; ABRIL, J. A. Physicochemical properties of oils extracted from γ -irradiated Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. **Food Chemistry**, v. 237, p. 581-587, 2017.

HAMAKER, B., VALLES, C., GILMAN, R. e others. Amino Acid and Fatty Acid Profiles of the Inca Peanut (*Plukenetia volubilis*). **Cereal Chemistry**, v. 6, p. 461-465, 1992.

HANSEN, H. P.; SCHMITZ-HUBSCH, M. Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) nut oil and its therapeutic and nutritional uses. In: **Nuts and seeds in health and disease prevention**. Academic Press, 2011. p. 991-994.

JIAO, D.Y.; XIANG, M.H.; LI, W.G.; CAI, Z.Q. Dry-season irrigation and fertilisation affect the growth, reproduction, and seed traits of *Plukenetia volubilis* L. plants in a tropical region. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 87, n. 4, p. 311-316, 2012.

KOIKE, Steven T.; GORDON, Thomas R. Management of *Fusarium* wilt of strawberry. **Crop Protection**, v. 73, p. 67-72, 2015.

L'ETISSE, M.; ROZIERES M.; HIOL, A., SERGENT M., COMEAU L. Enrichment of EPA and DHA from Sardine by Supercritical Fluid Extraction without Organic Modifier I. Optimization of Extraction Conditions. **Journal of Supercritical Fluids**, v.38, n. 1, p. 27-36, 2006.

LI, P.; HUANG, J.; XIAO, N.; CAI, X.; YANG, Y.; DENG, J.; ZHANG, L. H.; DU, B. Sacha inchi oil alleviates gut microbiota dysbiosis and improves hepatic lipid dysmetabolism in high-fat diet-fed rats. **Food & Function**, v. 11, n. 7, p. 5827-5841, 2020.

LOAIZA, M. E. E. Manejo agroecológico del cultivo de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. p. 58. 2013.

MATHEWS, J. P. D.; CHAVES, F. C. M.; LOPES, R.; MENESE, C.; VALENTE, M. S. F.; RODRIGUES, F. A.; PASQUAL, M.; RAMOS, S. F.; AGUIAR, A. V.; LOPES, M. T. G. Indirect selection for seed yield in sacha-inchi (*Plukenetia volubilis*) in Brazil. **Horticulturae**, v. 8, p. 1-12, 2022.

NORHAZLINDAH, M. F.; JAHURUL, M. H. A.; NORLIZA, M.; SHIHABUL, A.; ISLAM, S.; NYAM, K. L. *et al.* Techniques for extraction, characterization, and application of oil from sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seed: A review. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 17, n. 1, p. 904-915, 2023.

OCELÁK, M. Molecular Characterization of *Plukenetia volubilis* L. and analysis of seed storage protein pattern and protein fractions. Czech University of Life Sciences Prague (2016).

OLIVEIRA, S. A. G.; LOPES, M. T. G.; CHAVES, F. C. M.; MARTINS, C. C.; ALVES, E.U. Estimation of genetic parameters of *Plukenetia volubilis* L. seed germination. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, p. 49-54, 2013.

PARIKH, L., KODATI, S., ESKELSON, M. J., AND ADESEMOYE, A. O. Identification and pathogenicity of *Fusarium* spp. in row crops in Nebraska. **Crop Protection**, v. 108, p. 120-127, 2018.

PLOETZ, R. C. Fusarium wilt of banana. **Phytopathology**, v. 105, n. 12, p. 1512-1521, 2015.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. dos; NUNES, J. A. R. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. Lavras: Editora UFLA, 2012. 522 p.

ROJANAVERAWONG, W.; WONGMANEE, N.; HANCHANG, W. Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil improves hepatic insulin sensitivity and glucose metabolism through insulin signaling pathway in a rat model of type 2 diabetes. *Prev. Nutr.* **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 28, n. 1, p. 30-42, 2023.

ROSSMANN, H. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos. 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, 2001.

SILALAHI, M. Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.): its potential as foodstuff and traditional medicine. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 18, n. 3, p. 213-218, 2022.

SILVA, G. Z.; VIEIRA, V.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**, v. 20, n. 11, p. 1031-1035, 2016.

SILVA, E. S.; KINUPP, V.; LOPES, M. T. G.; CHAVES, F. C. M. Caracterização da fase reprodutiva de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) em Manaus, AM. In: X Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental, 2013 Manaus, AM. Anais da X Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus: Embrapa Amazonia Ocidental, 2013. P. 253-262.

SILVEIRA, G. D.; MAURO, A. O. D.; CENTURION, M. A. P. C. Seleção de genótipos de soja para a região de Jaboticabal - Ano agrícola 2003-2004. **Científica** v. 34, n. 1, p. 92-98, 2006.

TRUONG, L. T.; TONG, D. T.; LUU, C. X.; VU, D. N.; PHAN, N. T. D. Oil extraction of *Plukenetia volubilis* grown in Vietnam using hydraulic pressing for pilot-scale production. **Conference Proceedings**, v. 2907, n. 1. 2023.

UWAREMWE, C.; BAO, W.; DAOURA, B. G. *et al.* Shift in the rhizosphere soil fungal community associated with root rot infection of *Plukenetia volubilis* Linneo caused by *Fusarium* and *Rhizopus* species. **International Microbiology**, v. 27, p. 1231-1247, 2023.

UBI, B. E.; MIGNOUNA, H.; OBIGBESAN, G. Segregation for seed weight, pod lengths and days to flowering following a cowpea cross. **African Crop Science Journal Kampala**, v. 9, n. 3, p. 463-470, 2007.

VALENTE, M. S. F.; CHAVES, F. C. M.; LOPES, M. T. G.; OKA, J. M.; RODRIGUES, R. A. F. Crop yield, genetic parameter estimation and selection of sacha-inchi in central Amazon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.47, n.2, p.226-236, 2017.

WANG, S. Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.): nutritional composition, biological activity, and uses. **Food Chemistry**, v. 265, p. 316-328, 2018.

YANG, C.; LU, W.; WEN, Q.; XU, Z.; LONG, Y. 2015. Germplasm characteristics of *Plukenetia volubilis* var. Brazilian and its productive performance after introduction into Yuanjiang Dry-Hot Valley of Yunnan, China. **Botanical Research**, v. 4, n. 1, p. 85-96, 2015.

YOKOMIZO, G. K.; FARIAS NETO, J. T. Caracterização fenotípica e genotípica de progênies de pupunheira para palmito. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 38, n. 1, p. 67-72, 2003.

ZHU, YI; ABDELRAHEEM, A.; LUJAN, P.; IDOWU, J.; SULLIVAN, P.; NICHOLS, R.; WEDEGAERTNER, T.; ZHANG, J. Detection and characterization of *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*) Race 4 causing *Fusarium* wilt of cotton seedlings in New Mexico. **Plant Disease**, v. 105, n. 11, p. 3353-3367, 2021.