



**ÁLVARO BARBOSA JUNIOR
ARTUR GOUVEIA VILELA**

**PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE *Moringa oleifera*
Lam. EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA**

**LAVRAS – MG
2023**

ÁLVARO BARBOSA JUNIOR

ARTUR GOUVEIA VILELA

**PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE *Moringa oleifera* Lam. EM FUNÇÃO
DO TEOR DE ÁGUA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Orientador

Ma. Bárbara Lemes Outeiro Araújo

Coorientadora

LAVRAS – MG

2023

ÁLVARO BARBOSA JUNIOR
ARTUR GOUVEIA VILELA

**PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE *Moringa oleifera* Lam. EM FUNÇÃO
DO TEOR DE ÁGUA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em

Dr. Ednilton Tavares de Andrade	UFLA
Dr. Rafael Peron Castro	UFLA
Ma. Bárbara Lemes Outeiro Araújo	UFLA

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade
Orientador

Ma. Bárbara Lemes Outeiro Araújo
Coorientadora

LAVRAS – MG
2023

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras por nos proporcionar crescimento e amadurecimento profissional.

Ao colegiado do curso de Engenharia Agrícola e demais profissionais que foram responsáveis pela nossa formação.

Aos discentes tanto do curso quanto outros que conviveram conosco e foram nossos colegas durante esses anos.

Um agradecimento especial para a turma da “Toca do Tatu” que lá em 2017 eram estudantes patrocinados pelos pais e estado, e agora todos formados e com bons empregos.

O devido mérito e agradecimento aos nossos pais e familiares que incentivaram essa conquista e contribuíram para este fim. Obrigado.

RESUMO

A *Moringa Oleifera* Lam. é uma espécie vegetal propagada por meio de sementes, mudas ou estacas. A cultura apresenta boa adaptabilidade a solos fracos e é capaz de sobreviver em terras quentes e secas. Os grãos possuem alto teor lipídico e proteico e seus usos comerciais envolvem suplementação alimentar, uso medicinal, utilização do óleo para lubrificação, além de uso no tratamento e purificação de água. Contudo, apesar desta ampla gama de aplicações, esta espécie vegetal não é amplamente divulgada e explorada. Por esta razão este trabalho teve como finalidade pesquisar sobre a moringa e contribuir com o estudo e definição dos parâmetros da mesma. O material utilizado foi colhido manualmente no município de Barreirinhas (MA) e separado em 3 amostragens diferentes, com 12, 9 e 6 % de teor de água. Posteriormente foram calculados valores médios de comprimento, largura, espessura e massa para cada teor de água. Os parâmetros físicos como área projetada, esfericidade e massa específica foram calculados a partir da biometria dos grãos. Por último foi extraído o óleo da moringa com prensa mecânica, tipo expeller, e estabelecidos os valores de rendimento e eficiência de extração. Os parâmetros físicos não apresentaram diferença significativa entre as amostras com diferentes teores de água. Contudo, a com 6% teor de água apresentou os melhores resultados quanto ao rendimento e a eficiência de extração do óleo de moringa.

Palavras-chave: Secagem. Extração de óleo. Biometria.

ABSTRACT

Moringa Oleifera Lam. is a plant species propagated by means of seeds, seedlings or cuttings. The crop shows good adaptability to weak soils and is able to survive in hot and dry lands. The grains have a high lipid and protein content and their commercial uses involve food supplementation, medicinal use, use of oil for lubrication, as well as use in water treatment and purification. However, despite this wide range of applications, this plant species is not widely disseminated and exploited. For this reason, this work aimed to research about moringa and contribute to the study and definition of its parameters. The material used was collected manually in the municipality of Barreirinhas (MA) and separated into 3 different samples, with 12, 9 and 6% of water content. Subsequently, average values of length, width, thickness and mass were calculated for it water content. Physical parameters such as projected area, sphericity and specific mass were calculated from grain biometry. Finally, the moringa oil was extracted using a mechanical press, type expeller, and the yield and extraction efficiency values were established. Physical parameters showed no significant difference between samples with different water contents. However, the one with 6% water content showed the best results in terms of yield and efficiency of moringa oil extraction.

Keywords: Drying. Oil extraction. Biometry.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

Figura 1 - Desenho esquemático do grão de moringa e suas dimensões características.	29
Figura 2 - Frequência do comprimento de Moringa oleifera Lam.	33
Figura 3 - Frequência da largura de Moringa oleifera Lam.	34
Figura 4 - Frequência da espessura de Moringa oleifera Lam.	34
Figura 5 - Frequência do peso de Moringa oleifera Lam.	35

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

Tabela 1 - Estatística descritiva das dimensões biométricas dos frutos Moringa oleifera Lam.	32
Tabela 2 - Parâmetros físicos dos grãos de moringa.	37
Tabela 3 - Rendimento e eficiência de extração de óleo.	38

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 <i>Moringa oleifera</i> Lam.	13
2.2 Pós-colheita de produtos agrícolas	15
2.2.1 Secagem	15
2.2.2 Extração de óleo	16
2.3 Propriedades físicas	17
REFERÊNCIAS	19
SEGUNDA PARTE - ARTIGO	26
ARTIGO 1 – ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE <i>Moringa oleifera</i> LAM. E DA EFICIÊNCIA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO, EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA.	27
1 INTRODUÇÃO	28
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Cultivada inicialmente no norte da Índia, a *Moringa oleífera* Lam. foi introduzida no Brasil por volta de 1950. A cultura pode ser propagada por meio de sementes, mudas ou estacas, se desenvolve rapidamente e apresenta boa extensão nos trópicos úmidos ou terras quentes e secas, com boa adaptação às condições precárias do solo. O óleo extraído dos grãos pode ser utilizado tanto como coagulante na purificação, remoção da turbidez, cor e coliformes presentes na água, na indústria de cosméticos e como matéria prima para combustíveis renováveis, por apresentar alto conteúdo de proteínas, que pode variar de 26,5 a 32% (ARAÚJO et al., 2019).

Estudos envolvendo as propriedades físicas e químicas da moringa, e como essas são afetadas pelos processos de pós-colheita e armazenamento são importantes para que após a colheita se aplique algumas práticas adequadas de conservação. Bons sistemas de aeração e exaustão promovem a circulação de ar entre grãos e removem bolsões de calor, garantindo que o grão seja armazenado em umidade ideal. Entre os processos de pós-colheita, a secagem e a extração de óleo são os procedimentos que provocam maior influência nas propriedades dos produtos finais (ARAÚJO et al., 2019).

A secagem pode ser definida como um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção do excesso de água contida no grão por meio de evaporação. No entanto, secar os grãos promove o rompimento das membranas celulares, podendo influenciar nas propriedades físico-químicas dos grãos, facilitando ou não na extração de óleo, além da possibilidade de deterioração dos grãos, causando desvalorização do óleo e da torta (ARAÚJO et al, 2020).

As propriedades físicas dos grãos são características pertinentes no aprimoramento dos processos industriais e no desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados na pós-colheita, em que o conhecimento destas é de fundamental importância para o manejo correto de uma cultura. A operação de secagem em produtos agrícolas pode causar variações nas propriedades físicas em função do teor de água ou da metodologia. Propriedades como teor de água, massa específica e porosidade intergranular são ferramentas imprescindíveis no estudo envolvendo transferência de calor e massa, movimentação de ar em uma massa de grãos e sistemas de armazenamento. Além disso, com a redução da quantidade de água, pode ocorrer a diminuição da atividade de água, e conseqüentemente, da velocidade das reações químicas, bioquímicas e do desenvolvimento de microrganismos, facilitando a extração de óleo de grãos ricos em lipídeos (RIBEIRO et al., 2005).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar as propriedades físicas de grãos de *Moringa oleifera* Lam. em função de diferentes teores de água, bem como sua influência na extração mecânica do óleo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Moringa oleifera* Lam.

Pertencente à família das *Moringaceae*, originária do norte da Índia e presente nos países da Ásia, Oriente médio, África, América Central e do Sul, a *Moringa oleifera* Lam. é a espécie perene mais conhecida dentre as quatorze do gênero *Moringa* (RABBANI, 2013). A planta foi introduzida no Brasil inicialmente na região nordeste, em meados de 1950, e desde então vem sendo difundida nas demais regiões do país. Também conhecida como lírio-branco, quiabo-de-quina ou acássia branca, a moringa é cultivada como planta ornamental e medicinal (MATOS, 1998; LORENZI, MATOS, 2002).

A espécie pode alcançar entre 5 e 10 metros de altura, gerando flores e frutos. Possui folhas bipenadas, flores amarelo-pálidas e frutos do tipo cápsulas triloculicidas, de coloração verde a marrom-esverdeado, que se abrem longitudinalmente em três partes quando secas (ALMEIDA, 2015). Suas sementes são globulares, com aproximadamente 1cm de diâmetro, envolvidas por uma parede de epiderme grossa e contêm alto teor de óleo (JOLY, 2005; RAMACHANDRAN et al., 1980; BEZERRA et al., 2004).

A propagação da moringa pode ser feita por meio de sementes, mudas ou estacas. Esta cultura costuma se desenvolver rapidamente, apresentando boa extensão nos trópicos úmidos ou terras quentes e secas, se adaptando em condições precárias do solo. Ela tolera ampla faixa de pH (5 a 9), e quando adulta, pode produzir anualmente de 3 a 5 toneladas de sementes por hectare (MORTON, 1991).

Conforme Jacob (2020), a moringa faz parte da biodiversidade alimentar, classificada como plantas alimentícias não convencionais (PANC), com potencial sub-explorado para contribuir com a saúde e nutrição, geração de renda e integridade ambiental. Essa designação se baseia em aspectos geográficos, sociais, econômicos e temporais, abrangendo uma extensa gama de alimentos selvagens, tradicionais, indígenas e locais.

Consoante Castro (2017), a moringa é reconhecida como um alimento de considerável relevância para suplementação de praticantes de atividades físicas, por meio do pó de suas folhas em cápsulas. Para se ter uma dimensão do potencial nutricional destas, 100 gramas de folha seca contêm 10 vezes mais vitamina A do que a cenoura, 12 vezes a vitamina C da laranja, 17 vezes o cálcio do leite, 15 vezes o potássio da banana, 25 vezes o ferro do espinafre e 9 vezes a proteína do iogurte (SILVA et al., 2016).

Os grãos de moringa também possuem alto valor nutricional, por apresentarem elevado teor de lipídios e proteínas (DOS PASSOS et al., 2013). Ademais, os macronutrientes presentes nestes possibilitam diversas outras aplicabilidades além do setor alimentício, como por exemplo no setor ambiental, utilizados no tratamento para purificação de água (SILVA et al., 2021). A proteína catiônica presente nos grãos, age como coagulante, propiciando a remoção da turbidez, floculando as partículas dispersas presentes na água (BORGIO et al., 2016; SANTOS et al., 2009; THEODORO et al., 2015).

As maiores vantagens de se utilizar os grãos de moringa no tratamento de água é o fato de ser um procedimento simples e de baixo custo, viabilizando a purificação de água superficial para consumo humano. Em uma pesquisa realizada no semiárido, estes apresentaram eficiência de remoção de 92,77% da turbidez da água, em relação ao valor de controle, atenuando o número de bactérias do grupo coliforme (SIQUEIRA et al., 2015). Além das propriedades como coagulante natural, resultante do conteúdo proteico dos grãos de moringa, o teor e a composição do óleo destes, propiciam variadas empregabilidades.

Conhecido comercialmente como “*Ben Oil*”, o óleo extraído da moringa tem coloração clara, doce e não possui cheiro ou odor. Este representa 40% do peso da semente, possuindo valores médios maiores do que as oleaginosas mais populares, como o algodão (15 a 24%), soja (17 a 21%), cártamo (25 a 40%) e mostarda (24 a 40%) (ANWAR et al., 2005). O óleo é composto por elevados teores de ácidos graxos insaturados, como o oleico (71,6%), palmítico e behênico, apresentando alta resistência à oxidação (OLIVEIRA et al., 2012). Ainda, devido a presença de δ -tocoferol, possui excelente estabilidade oxidativa, beneficiando a conservação durante o processamento e armazenamento, sendo utilizado industrialmente na lubrificação de relógios, maquinarias delicadas, fabricação de perfumes e biocombustíveis (ANWAR, BHANGER, 2003; RASHID et al., 2008; SANTANA et al., 2010).

A utilização do óleo de moringa na produção de biodiesel, em substituição do diesel, pode trazer benefícios ambientais e econômicos. Rashid et al. (2008) encontraram o valor de 67,07 para o número de cetano do biodiesel derivado da moringa, em concordância com os padrões de qualidade internacionais. Segundo Gerpen (2006), o número de cetano retrata uma das mais importantes propriedades do diesel, tendo em vista que combustíveis com altos valores fomentam pequenos retardamentos na ignição de motores.

2.2 Pós-colheita de produtos agrícolas

A pós-colheita de produtos agrícolas pode ser definida como um conjunto de processos realizados visando preservar a qualidade do produto colhido, aumentando o período de conservação do mesmo (MARCHESE, FIGUEIRA, 2005). Dentre as operações de pós-colheita, exemplifica-se: debulha, limpeza, secagem, processamento e armazenamento. Essas etapas fazem parte da cadeia de produção de alguns grãos como o da moringa, sendo recomendado alguns cuidados para evitar perdas de qualidade. A quebra de grãos durante a debulha ou limpeza, má regulagem dos secadores ou até mesmo ataque de insetos e microrganismos por excesso de umidade no armazenamento, podem ser citados como exemplos de prejuízos na pós-colheita (D. KUMAR et al., 2017).

Tendo em vista a armazenagem de grãos durante determinado período, a secagem é uma etapa de suma importância para conservação destes, além de práticas adequadas de armazenamento, como a aeração e sistemas de exaustão, para regulação da temperatura em silos (MENEGETTI, 2019).

2.2.1 Secagem

A secagem pode ser definida como um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção do excesso de água contida no grão por meio de evaporação, geralmente causada por convecção forçada de ar aquecido (ARAÚJO et al, 2020).

Inicialmente a operação de secagem é classificada em natural ou artificial. Dentro dessa classificação têm-se diferentes mecanismos para a redução do teor de água dos grãos (PORTELLA, EICHELBERGER, 2001). A natural é caracterizada pela secagem do produto em terreiros, por meio da ação de ventos naturais. Já a artificial é definida pela utilização de sistemas mecânicos, por meio de ventilação forçada ou por convecção. (DE SOUSA et al., 2008).

O processo de secagem é fundamental na manutenção da qualidade dos grãos, durante o período de armazenamento, refletindo ainda nos processamentos dos produtos (OLIVA, 2010; FURQUIM et al., 2014). A extração de óleo por exemplo, pode apresentar melhor eficiência em grãos secos, tanto pelo método de extração química, pela remoção da água aumentar o contato entre o solvente e o soluto (óleo), como mecânica, já que a secagem pode estimular o

rompimento das membranas celulares, facilitando o escoamento do óleo (MARQUES, 2006; ALMEIDA, 2015).

2.2.2 Extração de óleo

A extração de óleos vegetais é um ramo importante da tecnologia das matérias graxas, tendo como principais objetivos o máximo de rendimento na obtenção e manutenção da qualidade do óleo (SCHINEIDER, 2003). A extração lipídica pode ser realizada por diferentes métodos, classificados como convencionais e não convencionais. Os métodos convencionais são caracterizados pela prensagem, extração química com solvente, ou a combinação de ambos. Os não convencionais são com ultrassom, fluido supercrítico e extração com líquido pressurizado (FREITAS, 2007).

O método químico consiste na extração sólido-líquido, com solvente orgânico, sendo o hexano o mais utilizado, em que o óleo é arrastado pelo solvente, sendo necessário posteriormente o processo de separação destes, para obtenção do conteúdo lipídico. Esse método tem se mostrado o mais eficiente frente às outras tecnologias por obter maior rendimento. Entretanto, a temperatura e o tempo de processamento podem afetar a qualidade do produto (ARAÚJO et al., 2020). Demanda de treinamento e ambiente especializado também são apontados como desvantagens (ALMEIDA, 2015).

A prensagem ou extração mecânica é a operação de separação sólido-líquido pela aplicação de forças de compressão, e geralmente é utilizada nas indústrias de alimentos e bebidas (BRENNAN et al., 1990). Pighinelli (2008) relata que este método é mais rápido que a extração química e possui baixo custo para a obtenção de óleos, no entanto, sua eficiência é inferior comparada ao método de extração por solvente.

Além das características de cada técnica de extração, outros fatores podem influenciar na eficiência do processo, como o teor de água dos grãos e a temperatura do ar de secagem. Araújo et al., (2020) ao analisar o efeito da temperatura do ar de secagem para grãos de moringa, observou que o aumento provocou o incremento da contração volumétrica destes, afetando o rendimento da extração de óleo, resultando em menor eficiência da prensa mecânica. Os autores justificam que este fato pode ter ocorrido devido a contração volumétrica dos grãos ser acentuada pelo aumento da temperatura do ar de secagem e, conseqüentemente, dificultar o processo de prensagem pelo enrijecido demasiado o tegumento do grão (ARAÚJO et al., 2020).

Silva (2013) estudou o teor de óleo obtido por extração mecânica de sementes de moringa secas a 40, 50 e 60°C em estufa e *in natura*, não verificando diferença significativa no

rendimento entre os tratamentos. Já no trabalho realizado por Araújo et al. (2020), na extração química de óleo, o teor de fibras em detergente neutro e proteína bruta da torta diminui significativamente para os grãos secos com temperatura do ar de secagem acima de 40°C. A fibra em detergente neutro corresponde a celulose, hemicelulose e lignina, sendo o maior indicativo para saber o teor de fibra. O percentual de proteínas presentes na torta de moringa é de importância comercial, visto que sua utilização se destaca como coagulante natural no tratamento de águas.

Almeida (2015) mediu teores de óleo para sementes secas a 40, 50, 60, 70 e 80°C, e os comparou com o teor de óleo de sementes secas *in natura*. Para a extração pelo método de prensagem, observou-se que a secagem das sementes não influenciou no teor de óleo obtido, de modo que o teor médio das sementes secas foi igual, estatisticamente, ao teor da semente *in natura*, com valores aproximados de 24%.

2.3 Propriedades físicas

As propriedades físicas dos grãos são características pertinentes no aprimoramento dos processos industriais e no desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados na pós-colheita, em que o conhecimento destas é de fundamental importância para o manejo correto de uma cultura (RIBEIRO et al., 2005).

A secagem é um dos processos realizados em produtos agrícolas que pode causar variações nas propriedades físicas em função do teor de água ou da metodologia (BANDE et al., 2012). As propriedades como: teor de água, massa específica e porosidade intergranular são ferramentas imprescindíveis no estudo envolvendo transferência de calor e massa, movimentação de ar em uma massa de grãos e sistemas de armazenamento (GONELI et al., 2011).

Além da relação direta com a qualidade dos grãos armazenados, o conhecimento do teor de água dos grãos também é fator importante para a comercialização dos mesmos, já que se o percentual acima do necessário para o armazenamento seguro pode representar prejuízos para o comprador, e se estiver abaixo, para o produtor (RASCHEN et al., 2014; RODRIGUES et al., 2015).

Outras características físicas relevantes são a massa específica e a biometria dos produtos agrícolas. As informações providas por estas propriedades são capazes de auxiliar no dimensionamento de silos e embalagens, cálculo de transportadores, separadores e

classificadores de sementes. Diversos fatores afetam a massa específica dos materiais vegetais, dentre eles o teor de água, a forma e a superfície dos produtos (ARAÚJO et al., 2014).

Ainda, a porosidade intergranular também é uma informação importante quanto as propriedades físicas na pós-colheita, por ser utilizada no dimensionamento em sistemas de armazenagem, além de fornecer dados para estudos do fenômeno de transferência de calor e massa, nos processos hidrodinâmicos, aerodinâmicos e termoelétricos (MATA, 2002). Esta pode ser entendida como a porcentagem do volume total ocupado pelo ar em uma massa de grãos, indicando o nível de rugosidade por mensurar os espaços vazios (ARAÚJO et al., 2014).

REFERÊNCIAS

- ABDULKARIM, S. M.; LONG, K.; LAI, O. M.; MUHAMMAD, S. K. S., & GHAZALI, H. M. **Some physico-chemical properties of Moringa oleifera seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods.** Food Chemistry, v. 93, n. 2, p. 253-263, 2005.
- Acomp. safra bras. grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 11 - **Décimo primeiro levantamento**, agosto 2015.
- AGUSTINI, Marcia Bartolomeu et al. Maturidade fisiológica de sementes de Moringa oleifera (Lam). **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, p. 11-17, 2015.
- ALBINI, G., FREIRE, F. B., FREIRE, J. T. **Caracterização de grãos de cevada em relação à umidade inicial obtida através do processo de reumidificação.** In: Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados - ENEMP 2015 [=Blucher Engineering Proceedings]. São Paulo: Blucher, 2015, p. 1893-1902.
- ALMEIDA, Naiara Campos de. **Estudo do processo de extração do óleo da semente de Moringa oleifera lam. Visando a produção de biodiesel.** 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.
- AMARAL, Jonathas Roberto Sobrinho et al. **Efeito do ambiente e da embalagem no teor de água de grãos de arroz armazenados.** Biodiversidade, v. 18, n. 3, 2019.
- ANVISA. **Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal.** Resolução nº 270/2005.
- ANWAR, F. BHANGER M.I. **Analytical characterization of Moringa oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan.** J. Agric. Food Chem., v.51, p. 6558-6563, 2003.
- ANWAR, F.; ASHRAF, M.; BHANGER, M.I. **Interprovenance variation in the composition of Moringa oleifera oilseeds from Pakistan.** J. Am. Oil Chem. Soc., v. 82, n. 1, p. 45-51, 2005.
- ARAÚJO, Bárbara Lemes Outeiro et al. **Eficiência da extração mecânica de Moringa oleifera de acordo com diferentes condições de secagem de grãos.** Research, Society and Development, London, v. 9, n. 7, p. 93-97, 2020.
- ARAÚJO, Bárbara Lemes Outeiro et al. **Influência da temperatura do ar de secagem no teor de proteínas na torta de Moringa oleifera.** XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019.
- Araújo, Bárbara Lemes Outeiro. **Processamento de grãos de Moringa oleifera Lam. e seu efeito no rendimento e qualidade do óleo e da torta.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, 2019.
- ARAÚJO, Mônica Jaqueline Isaias et al. **Propriedades físicas de grãos de feijão caupi durante a secagem.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Mato Grosso, 2018.

ARAÚJO, Willian D. et al. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 279-286, 2014.

AYERZA, R. **Seed yield components, oil content, and fatty acid composition of two cultivars of moringa (Moringa oleifera Lam.) growing in the Arid Chaco of Argentina.** *Industrial Crops and Products*, v. 33, p. 389-394, 2011.

Bande, Y. M.; Adam, N. M.; Azni, Y.; Jamarei, O. **Moisture dependent physical and compression of bitter melon (Citrullus colocynthis lanatus) seeds.** *International Journal of Agricultural Research*, v.7, p.243-254, 2012.

BEZERRA, A. M. E.; FILHO, S. M.; FREITAS, J. B. S.; TEÓFILO, E. M. **Avaliação da qualidade das sementes de Moringa oleifera lam. durante o armazenamento.** *Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 28, n.6, p. 1240-1246, 2004.

Bezerra A.M.E.; Momenté V.G.; Medeiros Filho S. (2004). **Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (Moringa oleifera Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato.** *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, p.295-299.

BORGO, Catharine et al. **Tratamento de água com semente de Moringa oleifera.** *Blucher Proceedings-V Semana De Engenharia QUÍMICA UFES. Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil*, 2016.

BOTELHO, Fernando Mendes et al. **Propriedades físicas de frutos de café robusta durante secagem: determinação e modelagem.** 2016.

BRENNAN, J. G.; BUTTERS, J. R.; COWELL, N. D.; LILLEY, A. E. V. **Food Engineering Operations.** Linton Road, England: Elsevier Applied Science, 1990.

Camacho F.P. et al. (2015). **Uso do coagulante natural Moringa oleifera Lam. no tratamento de água com florações de cianobactérias.** *Revista Tecnológica*, v. 23, n.3, p. 305-313.

Castro, R. P. **Desenvolvimento de Bioprodutos Inovadores derivados da Moringa (Moringa Oleifera Lamarck).** 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Tecnologia e Inovação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

CAVALCANTE, Lillianne Shirley Santos Rangel. **Caracterização físico-química e análise térmica do óleo da semente de Moringa Oleifera.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

DE OLIVEIRA, Palloma Vitória Carlos et al. **Utilização de moringa oleifera na alimentação animal.** *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 53881-53893, 2020.

DE SOUSA, Juarez et al. **SECAGEM E ARMAZENAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLAS.** 2008.

DE SOUSA, Luiz Felipe Bento; DE MELO, Adriana. **Benefícios da Moringa oleifera para a saúde humana e meio ambiente.** *Revista Faculdades do Saber*, v. 4, n. 07, 2019.

DOS PASSOS, M.; SANTOS, D. M. C. S.; SANTOS, B. S.; SOUZA, D. C. L.; SANTOS, J. A. B.; SILVA, G. F. **Qualidade pós-colheita da moringa (Moringa oleifera Lam.) utilizada na forma in natura e seca.** *REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS*, v. 3, n. 1, p. 113-120, 2013.

- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.
- Ferreira, P. M. P.; Farias, D. F.; Oliveira, J. T. A.; Carvalho, A. F. U. (2008). **Moringa oleifera: bioactive compounds and nutritional potential**. Revista de Nutrição, v. 21, n.4, p. 431-437.
- FREITAS, L. S. **Desenvolvimento de procedimentos de extração do óleo de semente de uva e caracterização química dos compostos extraídos**. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- FURQUIM, Leonnardo Cruvinel et al. **Efeito da secagem e do armazenamento das sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) na qualidade do óleo**. Científic@-Multidisciplinary Journal, v. 1, n. 1, p. 51-70, 2014.
- GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. (Ed.). **Manual de Biodiesel**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2006.
- Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Magalhães, F. E. A.; Baptestini, F.M. **Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem**. Acta Scientiarum. Agronomy, v.33, p.1-8, 2011.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- JACOB, M. M. **Biodiversidade de plantas alimentícias não convencionais em uma horta comunitária com fins educativos**. DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde, v. 15, p. 44037, 2020.
- JOLY, A.B. **Botânica: Introdução a taxonomia vegetal**. 13 ed. São Paulo: Ed. Nacional, 2005.
- KORN, MAURO; PEREIRA, M. G.; BORGES, S. S. **Algumas aplicações analíticas dos ultra-sons**. Bol. Soc. Port. Quimica. Lisb, v. 96, p. 51-56, 2005.
- KUMAR, Deepak; KALITA, Prasanta. **Reduzir as perdas pós-colheita durante o armazenamento de safras de grãos para fortalecer a segurança alimentar nos países em desenvolvimento**. Alimentos, v. 6, n. 1, pág. 8 de 2017.
- Lalas, S., & Tsaknis, T (2002). **Caracterização de Moringa oleifera variedade óleo de semente “Periyakulam1”**. Journal of Food Composition and Analysis, 15, 65-77.
- LORENZI, H., MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil – nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 346-347, 2002.
- LUCENA, Ana Luíza de Melo. **Potencialidades da moringa oleífera Lam. no semiárido nordestino brasileiro: uma revisão**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica). Universidade Federal da Paraíba, 2021.
- Machado, S. I. D. Gastélum N. A. J.; Moreno, R. C.; Wong, R. B.; Cervantes, L. J. (2010). **Nutritional quality of edible parts of Moringa oleifera**. Food Analytical Methods, v.1, n.4, p.175-180.
- MARCHESE, José Abramo; FIGUEIRA, Glyn Mara. **O uso de tecnologias pré e pós-colheita e boas práticas agrícolas na produção de plantas medicinais e aromáticas**. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 7, n. 3, p. 86-96, 2005.

- MARQUES, E.R. **Alterações químicas, sensoriais e microscópicas do café cereja descascado em função da taxa de remoção de água.** 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, 2006.
- Mata, M. E. R. M. C.; Duarte, M. E. M. **Porosidade intergranular de produtos agrícolas.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.4, p.79-93, 2002.
- MATOS, FJA; VIVAS, Farmácias. **Sistema de utilização de plantas para pequenas comunidades.** 1998.
- MAYOR, L.; MOREIRA, R.; SERENO, A. M. **Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (Cucurbita pepo L.) fruits.** Journal of Food Engineering, London, v. 103, n. 1, p. 29-37, 2011.
- MENEGHETTI, Volnei L. et al. **Mathematical models for intermittent drying of rice/Modelos matemáticos para a secagem intermitente de arroz em casca.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 10, p. 1115-1121, 2019.
- MORTON, Julia F. **The horseradish tree, Moringa pterygosperma (Moringaceae)—a boon to arid lands.** Economic botany, v. 45, n. 3, p. 318-333, 1991.
- MOURA, A. S.; SOUZA, A. L. G.; OLIVEIRA JUNIOR, A. M.; LIRA, M. L.; SILVA, G. L. **Caracterização físico-química da folha, flor e vagem da moringa (Moringa oleifera Lamarck).** Encontro Nacional de Moringa, Aracaju, SE, 2009.
- MUJUMDAR, A. S. **Principles, classification and selection of dryers.** In: MUJUMDAR, A.S. **Handbook of Industrial Drying.** CRC Press / Taylor & Francis Group. 2006, p. 3 – 30.
- NORONHA, Bruno Gomes de; MEDEIROS, André Dantas de; PEREIRA, Márcio Dias. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de moringa oleifera lam.** Ciência Florestal, v. 28, p. 393-402, 2018.
- OLIVA, A. C. E. de. **Qualidade de sementes de crambe a métodos de secagem e períodos de armazenamento.** 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, 2010.
- OLIVEIRA, Natalia Terezinha et al. **Tratamento de água com Moringa oleifera como coagulante/floculante natural.** Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, v. 9, n. 1, p. 373-382, 2018.
- OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. **Rainfall erosivity in Brazil: A review.** Catena, v. 100, p. 139-147, 2012.
- PIGHINELLI, A. L. M. T., PARK, K. J., RAUEN, A. M., BEVILAQUA, G., & FILHO, J. A. G. **Otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa contínua tipo expeller.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, p. 66-71, 2008.
- PORTELLA, José Antonio; EICHELBERGER, Luiz. **Secagem de grãos.** 2001.
- RABBANI, A. R. C. et al. **Pré-embebição em sementes de moringa.** Scientia Plena, Sergipe, v. 9, n. 5, 2013.
- RAMACHANDRAN, C.; PETER, K. V.; GOPALAKRISHNAN, P. K. **Drumstick (Moringa oleifera): a multipurpose Indian vegetable.** Economic Botany, v. 34, n.3, p. 276-283, 1980.

- RASCHEN, M. R.; BORTOLUZZI LUCION, F.; CICHOSKI, A. J.; RAGAGNIN DE MENEZES, C.; WAGNER, R.; LOPES, E. J.; QUEIROZ ZEPKA, L. A.; SMANIOTO BARIN, J. **Determinação do teor de umidade em grãos empregando radiação microondas.** *Ciência Rural*, v.44, n.5, p.925-930, 2014.
- RASHID, U.; ANWA, F.; MOSER, B. R. e KNOTHE, G., **Moringa oleifera oil: a possible source of biodiesel.** *Bioresource Technology*, n. 99, 2008.
- RASHID, U. ANWAR, F.; ASHRAF, M.; SALEEM, M.; YUSUP, S. **Application of response surface methodology for optimizing trans esterification of Moringa oleifera oil: Biodiesel production.** *Energy Conversion and Management*. v. 52, n. 8-9, p. 3034-3042, 2011.
- RIBEIRO, Deise M. et al. **Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem.** *Food Science and Technology*, v. 25, p. 611-617, 2005.
- RODRIGUES, H. C. S.; SOARES, V. N.; GEWEHR, E.; CARVALHO, I. L.; MENEGHELLO, G. E. **Ajustes metodológicos para a determinação de umidade em sementes de arroz.** *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.11, n.22; p.69-76, 2015.
- SANTANA, C. R.; PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A.; CAVALCANTI, B.; SILVA, G. F. **Caracterização físico-química da moringa.** *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.12, n.1, p.55-60, 2010.
- SANTOS, A. M. et al. **Estudo da coagulação química do efluente da indústria de laticínios utilizando a moringa como agente coagulante.** *Anais. Encontro Nacional De Moringa*, 2009.
- SAUER, D.B. **Storage of cereal grains and their products.** *American Association of Cereal Chemists*, 1992, p. 615.
- SILVA, G. M. **Hábitos alimentares, mistura de farelos e farinha de folhas de Moringa oleifera Lam. à mesa dos brasileiros.** 119f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.
- SILVA, Guilherme Veloso; SOUTO, Jacob Silva; DOS SANTOS, João Batista. **Cultivo de moringa: importância nutricional, uso e aplicações.** *Meio Ambiente (Brasil)*, v. 1, n. 3, 2020.
- SILVA, LUZIA M.; MATA, MARIO ERMC; DUARTE, MARIA EM. **Teor de água limite para crioconservação de sementes de romã (Punica granatum L.).** *Engenharia Agrícola*, v. 35, p. 313-321, 2015.
- SILVA, M.O. **Caracterização física e química da semente de Moringa oleífera e estudo do processo de obtenção de óleo.** 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Maringá, 2013.
- SILVEIRA, Jeniffer Cristina et al. **Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, 2012.
- Siqueira M. S. S. Silva, S. A. M.; Silva, F. M. W.; Lima, S. M. S. (2015). **Viabilidade da utilização da Moringa olifera como método alternativo de tratamento de água no semiárido nordestino.** *Revista Acadêmica – Científica, Scire*. v. 8, n. 2, p.1-8.

THEODORO, Joseane Debora Peruço et al. **Estudo de extração salina da semente de Moringa Oleifera Lam aplicado na remoção do parâmetro cor para o tratamento de água potável.** Revista tecnológica, p. 275-283, 2014.

VASCONCELOS, Michelle Conceição et al. **Moringa oleifera Lam.: aspectos morfológicos, fisiológicos e cultivo em gradiente de espaçamento.** Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Sergipe, 2013.

ZHAO, S.; ZHANG, D. **A parametric study of supercritical carbon dioxide extraction of oil from Moringa oleifera seeds using a response surface methodology.** Separation and Purification Technology, v. 113, p. 9-17, 2013.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1 – ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE *Moringa oleifera* LAM. E DA EFICIÊNCIA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO, EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA.

RESUMO

A *Moringa oleifera* Lam. é uma espécie arbórea propagada por sementes, mudas ou estacas. Devido sua adaptabilidade, torna-se viável em solos precários, locais quentes e secos. Suas folhas e grãos são explorados e os usos envolvem suplementação alimentar, uso medicinal, lubrificação de motores com o óleo extraído, produção de biodiesel e alternativa para tratamento de água. Tendo em vista sua aplicabilidade, este trabalho objetivou determinar as propriedades físicas de grãos de *Moringa oleifera* Lam. em função de diferentes teores de água, bem como sua influência na extração mecânica do óleo. Os grãos foram separados em 3 diferentes tratamentos com base no teor de água (12, 9 e 6%). A biometria foi realizada com paquímetro digital com resolução de 0,01mm, determinando o comprimento, largura e espessura, além da massa unitária dos grãos. Os parâmetros físicos como área projetada, esfericidade e massa específica aparente, também foram determinados. A extração de óleo foi feita por prensagem mecânica e o rendimento e a eficiência, calculados através da diferença do teor lipídico, obtido por meio de extração química do grão e da torta. Não houve diferença significativa nas propriedades físicas de grãos com 12%, 9% e 6% de teor de água. Todavia, verificou-se influência do teor de água durante a extração mecânica de óleo dos grãos de moringa, sendo que o melhor resultado de rendimento e eficiência de extração foi para as amostras com 6%, sendo de 12,52% e 50,61%, respectivamente.

Palavras-chave: Secagem. Extração de óleo. Biometria.

1 INTRODUÇÃO

Sendo a espécie perene mais conhecida do gênero *Moringa*, a *Moringa oleifera* Lam. também é conhecida como lírio branco, quiabo-de-quina ou acássia branca (MATOS, 1998; LORENZI, MATOS, 2002). Cultivada como planta ornamental ou medicinal, a espécie pode alcançar entre 5 e 10 metros de altura, e quando adulta, pode produzir anualmente de 3 a 5 toneladas de sementes por hectare (ALMEIDA, 2015). Podendo ser propagada por meio de sementes, mudas ou estacas, essa cultura se desenvolve rapidamente, apresentando boa extensão nos trópicos úmidos ou terras quentes e secas, com boa adaptação às condições precárias do solo (MORTON, 1991).

Os grãos de moringa possuem cerca de 17,37 a 36,54% de lipídeos e 29,4 a 37,6% de proteínas, variando de acordo com cultivo, solo, entre outros fatores (DOS PASSOS et al., 2013; ARAÚJO et al., 2020). Estes tem apresentado boa aplicabilidade no tratamento de água, sendo utilizados na etapa de filtração, por ser compostos de agentes coagulantes que ajudam na remoção da turbidez, cor e coliformes presentes na água. A proteína catiônica em sua

composição desestabiliza as partículas contidas na água, floculando os coloides, agindo como clarificadora (BORGIO et al., 2016; SANTOS et al., 2009; THEODORO et al., 2014).

O óleo de moringa possui elevados teores de ácidos graxos insaturados e apresenta excelente estabilidade oxidativa, podendo ser utilizado industrialmente na lubrificação de relógios, maquinarias delicadas, fabricação de perfumes, biodiesel e na conservação de outros óleos (ANWAR, BHANGER, 2003; RASHID et al., 2008; SANTANA et al., 2010). De acordo com a variação da disponibilidade de água e das condições climáticas da região, uma árvore de moringa pode alcançar aproximadamente 580 kg/ha de produtividade de óleo (AYERZA, 2011).

Tendo em vista a grande aplicabilidade dos grãos de moringa, faz-se necessária a análise do processamento destes, especialmente quanto as etapas de secagem e extração de óleo, por serem de grande influência nas propriedades físico-químicas dos produtos finais. A secagem de grãos normalmente é empregada para manutenção da qualidade durante a armazenagem, mas pode causar mudanças nas propriedades físicas e químicas deste, ocasionando a desvalorização do óleo e da torta (ARAÚJO et al., 2019).

Inúmeros autores têm investigado as variações das propriedades físicas em função do teor de água e de outros fatores durante a secagem (BANDE et al., 2012). Além disso, propriedades como teor de água, massa específica e porosidade intergranular são ferramentas imprescindíveis no estudo envolvendo transferência de calor e massa, movimentação de ar em uma massa de grãos e sistemas de armazenamento (GONELI et al., 2011).

Desta forma, o presente trabalho teve como finalidade determinar as propriedades físicas de grãos de *Moringa oleifera* Lam. em função de diferentes teores de água, bem como sua influência na extração mecânica do óleo.

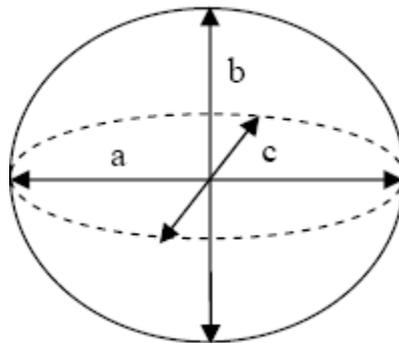
2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Lavras (UFLA), mais especificamente dentro do Departamento de Engenharia Agrícola, no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas e as extrações de óleo e análises na plataforma de pesquisas energéticas. Os grãos de *Moringa oleifera* Lam. utilizados foram colhidos na segunda safra de 2022 na cidade de Barreirinhas, no Maranhão. A colheita foi realizada manualmente ao atingirem maturidade fisiológica pela identificação da coloração das vagens em marrom e abertura das cápsulas (frutos deiscentes) (AGUSTINI et al., 2015).

A caracterização física dos grãos foi realizada para diferentes teores de água, sendo o inicial com 12% e os submetidos a secagem até atingirem 9 e 6%. A secagem foi realizada artificialmente, utilizando um secador mecânico de laboratório em camada fina com convecção forçada, com velocidade do ar de 0,33m/s, com temperatura do ar de secagem controlada de 40°C. O teor de água foi determinado antes e depois das secagens, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), utilizando-se o método da estufa à 105 ± 3°C, durante 24 horas.

Para a caracterização física dos grãos foi realizada biometria para os três diferentes teores de água, com auxílio de paquímetro digital com resolução de 0,01mm, de acordo com a metodologia descrita por Mohsenin (1978). As amostras eram compostas por 30 grãos, selecionados ao acaso, obtendo as dimensões médias do comprimento (a), largura (b) e espessura (c) de cada amostra como representado no desenho da Figura 1.

Figura 1 - Desenho esquemático do grão de moringa e suas dimensões características.



Fonte: Do autor (2023).

Na qual:

a: maior dimensão característica do fruto, mm;

b: dimensão característica média do fruto, mm;

c: menor dimensão característica do fruto, mm.

De acordo com as medidas obtidas dos grãos foi determinado as caracterizações físicas por meio de equações. A iniciar pela área projetada segundo a metodologia descrita por Mohsenin (1978), utilizando a Equação 1.

$$A_p = \frac{\pi ab}{4} \text{ (Equação 1)}$$

Ademais, para o cálculo do diâmetro médio foi utilizada a equação 2.

$$Dg = (abc)^{\frac{1}{3}}(\text{Equação 2})$$

Outro parâmetro abordado foi a Esfericidade, uma grandeza adimensional descrita em porcentagem que descreve quão aproximado um objeto é de uma esfera. Este valor é obtido através da Equação 3.

$$E = \left[\frac{Dg}{\alpha} \right] \times 100(\text{Equação 3})$$

Além destes parâmetros físicos, foi determinado também a massa unitária (g) e a massa específica aparente, expressa em g.cm^{-3} , utilizando-se uma balança eletrônica de peso hectolitro com resolução de 0,1g (GEHAKA – BK 4001) e um recipiente com capacidade de 1L, de acordo com as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

A extração mecânica de óleo foi realizada utilizando prensa do tipo *expeller*. O rendimento (Rm %) e a eficiência (Ef %) da extração foram calculados de acordo com as equações 4 e 5, respectivamente. Para os cálculos foi necessário determinar o teor lipídico dos grãos e das tortas, por extração química com solvente orgânico hexano, já que este método possui eficiência superior que 99,5%.

$$Rm(\%) = Tg - Tt(\text{Equação 4})$$

em que,

Rm - Rendimento de extração mecânica de óleo (%)

Tg - Teor de óleo do grão (%)

Tt - Teor de óleo da torta (%)

$$Ef(\%) = \frac{(Rm \times 100)}{Tg}(\text{Equação 5})$$

em que,

Ef - Eficiência da prensa mecânica (%)

Rm - Rendimento de extração mecânica de óleo (%)

Tg - Teor de óleo do grão (%)

Os dados biométricos dos grãos foram submetidos a análise estatística descritiva, obtendo as medidas de posição (média, mínimo e máximo) e medidas de dispersão (desvio

padrão, coeficientes de variação, assimetria e curtose). Os coeficientes de assimetria tiveram como valores de referência de $S < 0$, sendo distribuição assimétrica a esquerda (negativa) e $S > 0$, assimétrica a direita (positiva). Para o coeficiente de curtose foram: $K > 0$, distribuição mais pontiaguda que a normal (leptocúrtica) e $K < 0$, mais achatada do que a normal (platicúrtica) (CRUZ, 2006).

Os resultados obtidos da área específica projetada, esfericidade, massa específica, rendimento e eficiência de extração, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, ($p < 0,05$), utilizando-se o programa Sisvar, versão 5.5, com delineamento experimental em blocos casualizados (FERREIRA, 2003).

As extrações, bem como as outras medidas, foram realizadas em três repetições. Para a análise dos dados o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. Os valores foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ($p < 0,05$), utilizando-se o programa Sisvar, versão 5.5 (FERREIRA, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A secagem dos grãos de moringa com teor de água de 12% até 9% e 6%, na temperatura do ar de secagem de 40°C, durou cerca de 20 e 90 min, respectivamente. A estatística descritiva dos resultados obtidos quanto o comprimento, largura, espessura e massa unitária dos grãos em diferentes teores de água, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística descritiva das dimensões biométricas dos frutos *Moringa oleifera* Lam.

Características	Teor de água	Mín	Máx	Média ± erro padrão	Desvio padrão	CV (%)	S	K
Comprimento (mm)	12%	9,70	14,70	12,64 ± 0,28	1,51	11,95	-0,63	-0,61
	9%	9,70	15,00	12,28 ± 0,27	1,49	12,13	0,27	-0,30
	6%	10,20	14,70	12,49 ± 0,22	1,23	9,85	0,28	-0,75
Largura (mm)	12%	9,50	13,00	11,40 ± 0,16	0,87	7,63	-0,38	-0,14
	9%	9,90	13,20	11,60 ± 0,18	0,96	8,28	0,03	-1,08
	6%	9,70	13,30	11,49 ± 0,14	0,79	6,88	0,14	0,44
Espessura (mm)	12%	9,00	12,50	10,70 ± 0,16	0,86	8,04	0,07	-0,04
	9%	9,30	12,80	10,97 ± 0,18	1,00	9,12	-0,04	-0,93
	6%	9,20	12,70	10,89 ± 0,17	0,94	8,63	0,12	-0,82
Massa (g)	12%	0,22	0,45	0,34 ± 0,01	0,05	14,71	0,20	0,10
	9%	0,08	0,43	0,31 ± 0,01	0,07	22,58	-1,08	2,23
	6%	0,20	0,45	0,32 ± 0,01	0,06	18,75	0,25	-0,47

CV: Coeficiente de variação; S: coeficiente de assimetria; K: coeficiente de curtose.

Fonte: Do Autor (2023).

Na Tabela 1 pode-se observar que as características dos grãos tiveram valores médios semelhantes para todos os teores de água, com variação do comprimento de 12,28 a 12,64mm, largura de 11,40 a 11,60mm, espessura de 10,70 a 10,97mm e massa unitária de 0,31 a 0,34g. O comprimento médio foi de 12,27mm e 10,85mm de espessura, com massa unitária de 0,32g. Ao estudar as propriedades físicas de sementes de moringa, Ramos et al., (2010) encontraram valores inferiores, sendo de 10,37mm de comprimento, 10mm de espessura e massa de 0,20g, assim como Cavalcante et al., (2017), de 10,92mm de comprimento e 10,41mm de espessura. Já Aguiar (2017), encontrou variações no comprimento de 8,39 a 23,10mm, largura de 7,16 a 13,34mm, espessura de 8,13 a 16,15mm e peso de 0,10 a 0,37g, demonstrando que as dimensões podem sofrer oscilações (AGUIAR, 2017).

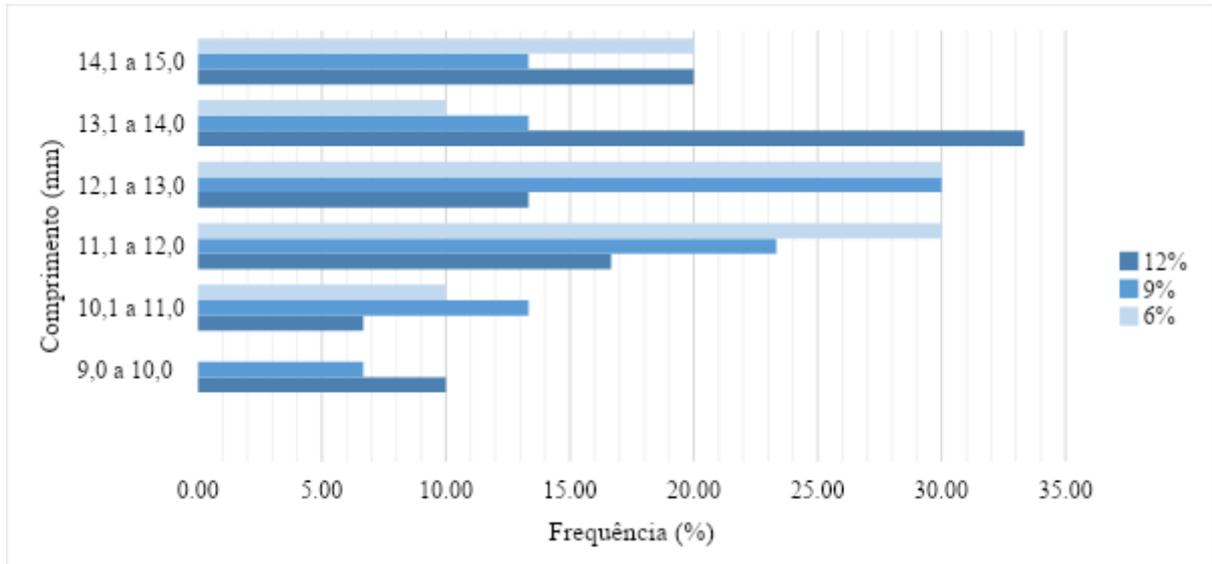
Os maiores coeficientes de variação foram observados para massa unitária, com 22,58, 18,75 e 14,71% nas amostras com 9%, 6% e 12% de teor de água, respectivamente. Este coeficiente é uma medida padronizada de dispersão da distribuição de frequências, representando o desvio padrão expresso como porcentagem da média, sendo inversamente proporcional à precisão de um experimento. No entanto, neste estudo o CV não configura a precisão experimental, uma vez que não se compara diferentes tratamentos, e sim retrata a variabilidade das dimensões dos grãos para cada teor de água. Segundo Gomes (1990) os coeficientes de variação são classificados como baixo, quando menores que 10%, médio entre

10 e 20%, alto de 20 a 30% e muito alto quando a cima de 30%. Dessa forma pode-se inferir que houve maior heterogeneidade nos valores de massa unitária, seguida do comprimento dos grãos. As dimensões de largura e espessura, apresentaram valores inferiores a 10% para o CV.

As medições de comprimento e largura das amostras com 9 e 6% de teor de água apresentaram distribuição positiva assimétrica, demonstrando que nestas predominam grãos com menores dimensões. Em todas as características biométricas do tratamento com 6% de teor de água a assimetria foi positiva e com maior valor, quando comparado às outras amostras, com S de 0,28, 0,14, 0,12 e 0,25, para comprimento, largura, espessura e massa unitária, indicando a prevalência de grãos menores. O coeficiente de curtose foi negativo em quase todas as amostras, corroborando com o trabalho desenvolvido por Aguiar (2017), com exceção da largura da de 6% e da massa de 12% e 9%. Quando $K < 0$ a distribuição é mais achatada do que a normal, sendo denominada de platicúrtica, demonstrando alta variabilidade (CRUZ, 2006).

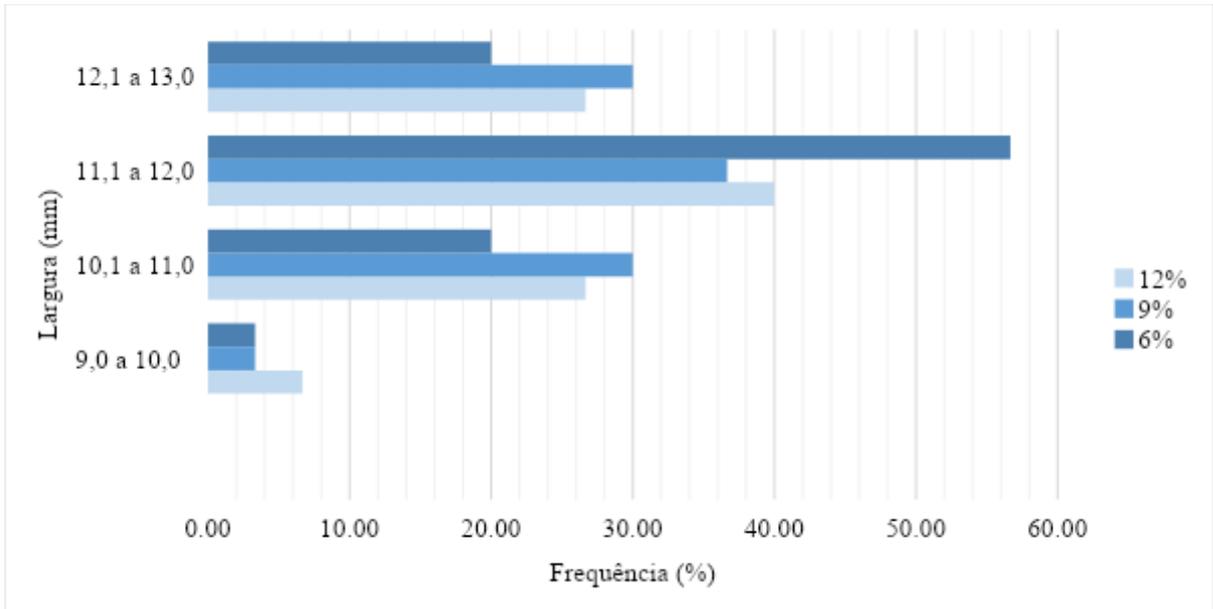
As distribuições de frequência referentes as dimensões de moringa para cada teor de água, podem ser observadas nas Figuras 2 a 5.

Figura 2 - Frequência do comprimento de Moringa oleifera Lam.



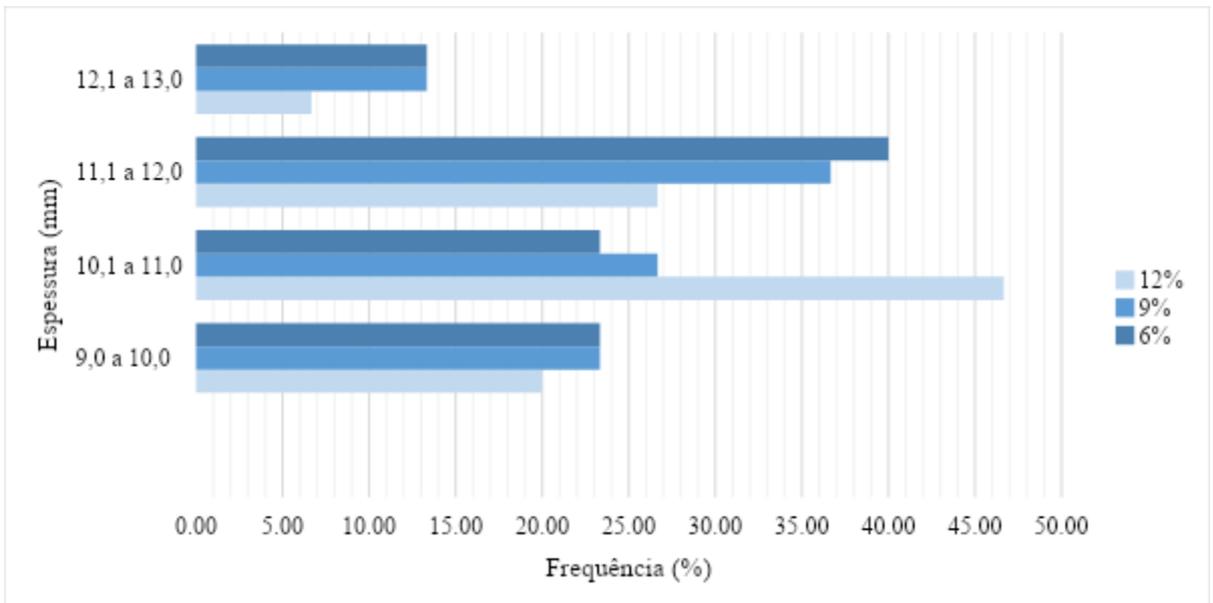
Fonte: Do Autor (2023).

Figura 3 - Frequência da largura de *Moringa oleifera* Lam.



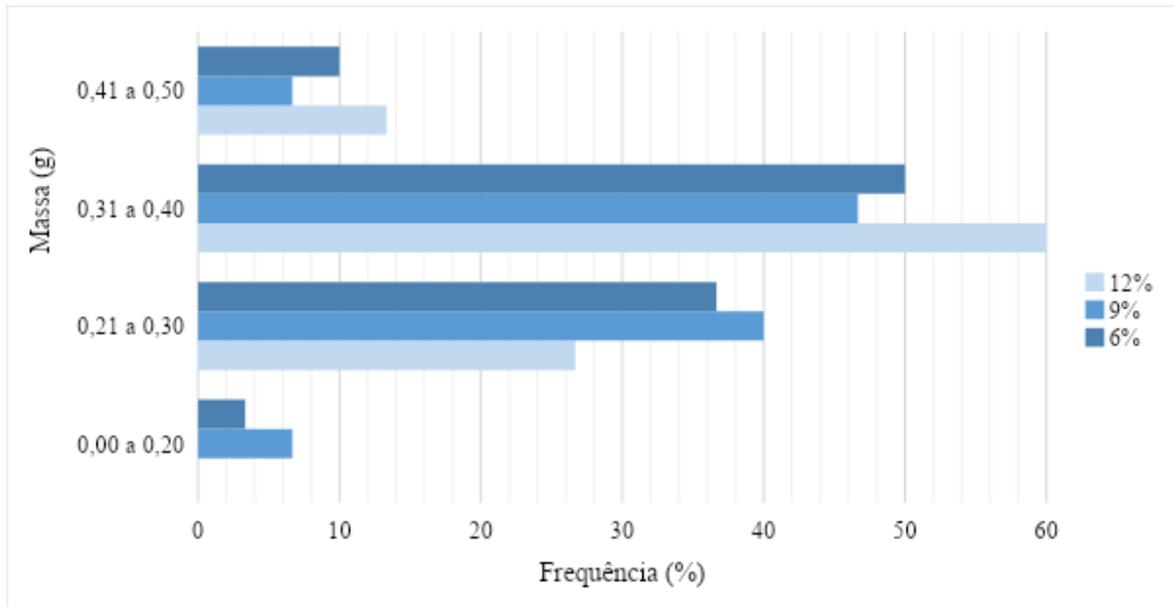
Fonte: Do Autor (2023).

Figura 4 - Frequência da espessura de *Moringa oleifera* Lam.



Fonte: Do Autor (2023).

Figura 5 - Frequência do peso de *Moringa oleifera* Lam.



Fonte: Do Autor (2023).

Nas figuras nota-se que para os grãos com 12% de teor de água, a maior frequência foi de 53% para dimensões acima de 13mm, enquanto para os com 9% e 6% de teor de água foi de 26,66 e 30%, respectivamente. Já as maiores frequências para espessura para todos os tratamentos foram no intervalo de 10 e 12mm, variando entre 63 a 73%, largura entre 11 e 12mm, com o maior valor (56,67%) para a amostra com 6% de teor de água. A massa unitária de 0,20 a 0,40g teve em torno de 87% de frequência para todos os tratamentos. Aguiar (2017) ao analisar os dados morfométricos de grãos de moringa, observou que 67% das sementes apresentaram comprimento na faixa de 10,03 a 11,77 mm, 47% com largura entre 8,56 e 9,23 mm, 65% com espessura de 9 a 9,90 mm e 45% da massa unitária entre 0,19 e 0,22 g, demonstrando que os grãos com menores dimensões foram mais frequentes, quando comparados aos deste estudo.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos das análises físicas dos grãos de moringa, para cada teor de água, de área projetada, esfericidade e massa específica.

Tabela 2 - Parâmetros físicos dos grãos de moringa.

Teor de água	Área projetada (mm ²)	Esfericidade (adimensional)	Massa específica (g.cm ⁻³)
12%	113,3 a	0,9203 a	0,1564 a
9%	112,3 a	0,9502 a	0,1499 a
6%	112,97 a	0,9326 a	0,1514 a
CV (%)	14,28	7,90	5,63

** Os valores com as mesmas letras na coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Fonte: Do Autor (2023).

De acordo com os resultados apresentados, observou-se nas amostras com teores de água de 9 e 6%, houve uma diminuição na área projetada e aumento da esfericidade, quando comparadas a de 12%. Apesar deste fato, não houve diferença significativa em nenhum dos parâmetros apresentados na Tabela 2, segundo o teste estatístico aplicado em nível de 5% de significância.

A área projetada é calculada a partir dos valores de comprimento e largura dos grãos, e assim, correlacionando com as frequências das dimensões, pode-se observar que analisando o comprimento, a amostra com 12% de teor de água é composta por grãos maiores, quando comparada as de 9% e 6%. Da mesma forma para esfericidade, que é inversamente proporcional ao comprimento.

As características físicas das amostras indicam que ocorreu modificação sutil nas dimensões dos grãos quando secos, mesmo que em concordância com a literatura, secagens realizadas a 40°C não ocasionam contração volumétrica significativa no produto (DA SILVA et al., 2018; ARAÚJO, 2019). Oliveira et al. (2014) ao trabalharem com grãos de milho constataram que alterações no valor da área projetada podem inferir na contração volumétrica de sementes, observando ainda a redução desta somente em secagens com temperaturas superiores a 60°C.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados referentes ao rendimento e a eficiência de extração mecânica de óleo de moringa, em função dos diferentes teores de água.

Tabela 3 - Rendimento e eficiência de extração de óleo.

Teor de água	Rendimento (%)	Eficiência (%)
12%	8,90 a	37,74 a
9%	9,38 a	38,68 a
6%	12,52 b	50,61 b
CV (%)	4,29	4,57

** Os valores com as mesmas letras na coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Fonte: Do Autor (2023).

O rendimento e a eficiência da extração por prensagem mecânica dos grãos com 6% de teor de água, diferiram significativamente de acordo com o teste estatístico, sendo de respectivamente, 12,52% e 50,61%, enquanto os outros tratamentos atingiram entre 8,90 (12%) e 9,38% (9%) de rendimento, e de 37,74 (12%) e 38,68% (9%) de eficiência. Pighinelli et al., (2009) analisaram a eficiência da extração mecânica de óleo de grãos de girassol, com teor de água de 8, 10 e 12%, observando maior rendimento para os mais secos.

Singh et al. (2002) mencionam a importância de se determinar o teor de água ideal para extração de óleo por prensa, uma vez que grãos muito úmidos reduzem a fricção, interferindo no rendimento, e muito secos, prejudicam o funcionamento da prensa. Além disso, outros fatores que afetam na extração mecânica de óleo são as propriedades físicas do produto, o tipo de prensa e a pressão aplicada durante o processo, podendo interferir nas forças de atrito e na efetividade das rupturas nas células dos grãos oleaginosos (WIHELM et al., 2014; ANDRADE et al., 2015).

Ademais, visando a rentabilidade do produtor interessado na cultura da moringa, a otimização do processo de extração de óleo é importante na contribuição da valorização do produto no mercado (SILVA, MATOS, 2008; ARAUJO, 2020).

4 CONCLUSÃO

A caracterização biométrica dos grãos com diferentes teores de água, apresentaram médias semelhantes para as dimensões de comprimento, largura, espessura e massa unitária. Entretanto, notou-se maior prevalência de grãos menores para a amostra com 6% de teor de água, tendo em vista que pela estatística descritiva esta possui assimetria positiva e com maior valor, quando comparada as outras. Os parâmetros físicos quanto a esfericidade, área projetada

e massa específica, não se diferiram estatisticamente, não sendo identificada a influência do teor de água nestes.

Contudo, o rendimento e eficiência do processo de extração mecânica do óleo dos grãos apresentou diferenciação com base na umidade das amostras, sendo que os grãos com 6% de teor de água apresentaram os melhores resultados para rendimento (12,52%) e eficiência (50,61%).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Fabricio da Silva. **Produção de biomassa da parte aérea e biometria de frutos e sementes de Moringa Oleifera Lam. adubada com esterco bovino**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba, 2017.
- ALMEIDA, Naiara Campos de. **Estudo do processo de extração do óleo da semente de Moringa oleifera lam. Visando a produção de biodiesel**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.
- ANDRADE, BKSA; SOLETTI, J. I.; DE CARVALHO, S. H. V. **Curvas de rendimento da extração mecânica e caracterização do óleo de pinhão manso**. In: XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Unicamp–Campinas–SP. 2015.
- ANWAR, F. BHANGER M.I. **Analytical characterization of Moringa oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan**. J. Agric. Food Chem., v.51, p. 6558-6563, 2003.
- ARAÚJO, Bárbara Lemes Outeiro et al. **Eficiência da extração mecânica de Moringa oleifera de acordo com diferentes condições de secagem de grãos**. Research, Society and Development, London, v. 9, n. 7, p. 93-97, 2020.
- Araújo, Bárbara Lemes Outeiro. **Processamento de grãos de Moringa oleifera Lam. e seu efeito no rendimento e qualidade do óleo e da torta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, 2019.
- ARAUJO, Marcos Eduardo Viana de. **Propriedades físicas e aerodinâmicas de frutos e grãos de café (Coffea arabica) durante o processo de secagem**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.
- Bande, Y. M.; Adam, N. M.; Azni, Y.; Jamarei, O. **Moisturedependent physical and compression of bitter melon (Citrullus colocynthis lanatus) seeds**. International Journal of Agricultural Research, v.7, p.243-254, 2012.
- BORGO, Catharine et al. **Tratamento de água com semente de Moringa oleifera**. Blucher Proceedings-V Semana De Engenharia QUÍMICA UFES. Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, 2016.

CAVALCANTE, Jerffeson Araujo et al. **Morfologia de sementes e plântulas de moringa (Moringa oleifera Lam) Moringaceae.** Magistra, v. 29, n. 3/4, p. 290-297, 2017.

CRUZ, C. D. Programa GENES: **Estatística experimental e matrizes.** 1.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 283 p.

DA SILVA, F. P., SIQUEIRA, V. C., QUEQUETO, W. D., JUNQUEIRA, M. H., GONELI, A. L. D. **Propriedades físicas dos grãos de niger.** Revista Engenharia na Agricultura, v. 26, n. 6, p. 507, 2018.

DOS PASSOS, M.; SANTOS, D. M. C. S.; SANTOS, B. S.; SOUZA, D. C. L.; SANTOS, J. A. B.; SILVA, G. F. **Qualidade pós-colheita da moringa (Moringa oleifera Lam.) utilizada na forma in natura e seca.** REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS, v. 3, n. 1, p. 113-120, 2013.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental.** 13.ed. Piracicava: ESALQ, 1990. 451 p

Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Magalhães, F. E. A.; Baptestini, F.M. **Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem.** Acta Scientiarum. Agronomy, v.33, p.1-8, 2011.

LORENZI, H., MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil – nativas e exóticas cultivadas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 346-347, 2002.

MATOS, FJA; VIVAS, Farmácias. **Sistema de utilização de plantas para pequenas comunidades.** 1998.

OLIVEIRA, Daniel Emanuel Cabral; DOS SANTOS, Maria Nalbaline Sampaio; RUFFATO, Solenir. **Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar P3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem.** Nativa, Cuiabá, v. 2, n. 3, p. 162-165, 2014.

PIGHINELLI, Anna LMT et al. **Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, p. 63-67, 2009.

RAMOS, Lina Maria et al. **Morfologia de frutos e sementes e morfofunção de plântulas de Moringa (Moringa oleifera Lam.).** Comunicata Scientiae, v. 1, n. 2, pág. 156-156, 2010.

RASHID, U.; ANWA, F.; MOSER, B. R. e KNOTHE, G., **Moringa oleifera oil: a possible source of biodiesel.** Bioresource Technology, n. 99, 2008.

SANTANA, C. R.; PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A.; CAVALCANTI, B.; SILVA, G. F. **Caracterização físico-química da moringa.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.12, n.1, p.55-60, 2010.

SANTOS, A. M. et al. **Estudo da coagulação química do efluente da indústria de laticínios utilizando a moringa como agente coagulante.** Anais. Encontro Nacional De Moringa, 2009.

SILVA, Fernando José Araújo; MATOS, José Everardo Xavier. **Sobre dispersões de Moringa oleifera para tratamento de água.** Revista Tecnologia, Fortaleza, v. 29, n.2, p. 157-163, 2008.

Singh, K. K., Wiesenborn, D. P., Tostenson, K., Kangas, N. **Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed.** Journal of the American Oil Chemists' Society, v.79, p.165–170, 2002.

THEODORO, Joseane Debora Peruço et al. **Estudo de extração salina da semente de Moringa Oleifera Lam aplicado na remoção do parâmetro cor para o tratamento de água potável.** Revista tecnológica, p. 275-283, 2014.

WILHELM, Allan Eduardo et al. **Diferentes taxas de alimentação de prensa do tipo expeller na eficiência de extração e na qualidade do óleo de semente de maracujá.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 7, p. 1312-1318.