

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E PERFIL DE ÁCIDOS  
GRAXOS DO ÓLEO BRUTO DE SEMENTES DE NIGER  
APÓS A SECAGEM**

**WELLYTTON DARCI QUEQUETO**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
JUNHO-2018**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E PERFIL DE ÁCIDOS  
GRAXOS DO ÓLEO BRUTO DE SEMENTES DE NIGER  
APÓS A SECAGEM**

**WELLYTTON DARCI QUEQUETO**

Engenheiro Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanderleia Schoeninger

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Domingues Nazario

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Mestre.

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2018**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

Q3q Quequeto, Wellytton Darci

Qualidade fisiológica e perfil de ácidos graxos do óleo bruto de sementes de niger após a secagem / Wellytton Darci Quequeto -- Dourados: UFGD, 2018.  
32f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Valdiney Cambuy Siqueira  
Co-orientadora: Vanderleia Schoeninger

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Guizotia abyssinica Cass.. 2. Pós-colheita. 3. Oleaginosa. 4. Perfil de ácidos graxos. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.**

QUALIDADE FISIOLÓGICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO ÓLEO BRUTO DE  
SEMENTES DE NIGER APÓS A SECAGEM

por

Wellytton Darci Quequeto

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título  
de MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

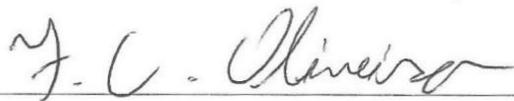
Aprovada em: 26/06/2018.



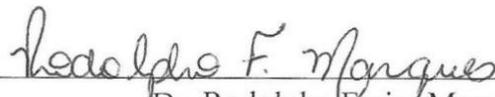
Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira  
Orientador - UFGD



Prof. Dr. Rodrigo Aparecido Jordan  
UFGD



Prof. Dr. Fabrício Correia de Oliveira  
UFGD



Dr. Rodolpho Freire Marques  
CONSULTOR

***Dedico***

*Aos meus pais:*

*Maria Aparecida de Brito*

*&*

*Dalnei Quequeto*

***Ofereço***

*À minha namorada,  
Gessika Neves Eberhardt*

*Aos meus irmãos,  
Willyan Júnior Quequeto  
e  
Wallisson de Brito Quequeto*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, saúde, oportunidades e perseverança para lutar e nunca desistir dos nossos objetivos.

A minha família, especialmente minha mãe Maria Aparecida de Brito, sem ela nada disso seria possível, e meus irmãos Willyan Júnior Quequeto e Wallisson de Brito Quequeto, pelo amor, carinho e incentivo em todos os momentos da minha vida.

A minha namorada Gessika Neves Eberhardt, pela ajuda, paciência, amor, respeito e incentivo em todos os momentos.

À Universidade Federal da Grande Dourados, a todos professores e todos funcionários da secretaria de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agrárias, pela oportunidade concedida e conhecimento transmitido.

À Fundect e a CAPES, pelo apoio financeiro durante a pesquisa.

Ao Professor e Amigo Valdiney Cambuy Siqueira, pela orientação e empenho na realização deste trabalho, pela paciência, confiança e por compartilhar seus conhecimentos, contribuindo para meu crescimento profissional e pessoal.

Ao Professor Luiz Carlos Ferreira de Souza por fornecer as sementes de niger utilizadas neste trabalho.

A minha coorientadora Professora Vanderleia Schoeninger, ao coorientador Professor Carlos Eduardo Domingues Nazario e aos membros da banca, pela disponibilidade e toda contribuição no aprimoramento desta pesquisa.

Ao Professor André Luís Duarte Goneli pelas suas contribuições científicas durante a qualificação deste trabalho.

Ao Professor Lucas Pizzuti e aos seus orientados, Danilo, Karen, Izamara, e Micheli, pela amizade e todo suporte durante as análises laboratoriais do óleo.

Aos colegas do grupo de pesquisa de pós-colheita, Larissa, Álvaro, Lucas, Rafael, Heloísa, Indianara, Fernanda, Camila, Débora Marchiori, Débora Monteiro, Carol, Isabela, Ebert, Ruth e Geraldo pela ajuda durante a execução dos experimentos.

Agradeço também aos demais colegas que de uma forma ou de outra contribuíram para execução deste trabalho.

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A cultura do niger.....	3
2.2 Secagem .....	5
2.3 Qualidade fisiológica.....	6
2.4 Óleo vegetal.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
3.1 Efeito da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes .....	11
3.1.1 Teste de Germinação, Índice de velocidade e Tempo médio de Germinação .....	11
3.1.2 Teste de Frio .....	12
3.1.3 Teste de envelhecimento acelerado com solução saturada.....	12
3.1.4 Emergência de plântulas em campo .....	12
3.2 Efeito da temperatura do ar de secagem sobre a composição química do óleo .....	13
3.3 Análise estatística.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1 Qualidade fisiológica das sementes de niger.....	15
4.2 Perfil de ácido graxo do óleo de niger.....	21
5. CONCLUSÕES .....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24

QUEQUETO, Wellytton Darci. **Qualidade fisiológica e perfil de ácidos graxos do óleo bruto de sementes de niger após a secagem.** 2018. 32p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados - MS.

## RESUMO

Com a previsão do esgotamento das fontes de combustível de origem fóssil, a busca por fontes de energia renováveis, o uso em indústrias de fármacos, alimentício e diversas outras finalidades, tem se intensificado os estudos com produtos agrícolas com quantidade significativa de óleo em sua composição. Porém, além disso, é necessário que o óleo também possua boa qualidade. Assim como algumas culturas, dependendo da época de colheita o produto fica susceptível as condições climáticas, tornando-se inviável a secagem natural no campo. Diante disto, o niger necessita passar pelo processo de secagem artificial, com vista a reduzir seu teor de água, manter sua qualidade e garantir a segurança do armazenamento. Para o sucesso da implantação da cultura é necessário a utilização de sementes de qualidade e os testes de vigor são importantes na avaliação do potencial fisiológico das sementes, pois complementam as informações obtidas no teste de germinação. Assim, objetivou-se com o presente trabalho estudar a qualidade fisiológica das sementes de niger, bem como, o perfil de ácidos graxos do óleo bruto extraído após a secagem em diferentes condições de temperatura do ar. Para a condução do experimento, foram utilizadas sementes de niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) colhidas com teor de água inicial de, aproximadamente, 19% em base úmida (b.u.), cultivado no município de Dourados/MS. A secagem foi realizada nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, até o teor de água de  $8,5 \pm 1\%$  (b.u.). As propriedades fisiológicas das sementes de niger foram determinadas por meio dos seguintes testes: germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, frio, envelhecimento acelerado com solução saturada, emergência e índice de velocidade de emergência. Para a extração do conteúdo de óleo nas sementes, foi utilizado o método direto com hexano. Utilizou-se a técnica de separação por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (GC-FID) para determinar o perfil de ácidos graxos. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado. Para os dados médios experimentais foi realizada a análise de variância e regressão utilizando o software SISVAR. Por meio de uma análise conjunta dos dados, conclui-se que: as temperaturas do ar de secagem de 40 e 50 °C não comprometem a qualidade fisiológica das sementes de niger. A temperatura de 70 °C promove os menores valores nos testes avaliados. De modo geral as temperaturas de secagem empregadas não promovem grandes alterações no perfil de ácidos graxos do óleo de niger.

**Palavras-chave:** *Guizotia abyssinica* Cass., pós-colheita, oleaginosa, perfil de ácidos graxos.

QUEQUETO, Wellytton Darci. **Physiological quality and fatty acid profile oil niger seeds after drying**. 2018. 32p. Thesis (Master's degree in Agricultural Engineering) – Federal University of Grande Dourados, Dourados.

### ABSTRACT

With a prediction of the depletion of fossil fuel sources, the search for renewable energy sources, the use in the pharmaceutical, food and various other industries, has been intensified in the studies with agricultural products with significant amount of oil in its composition. However, in addition, it is necessary that the oil also has good quality. As with some crops, depending on the harvest season, the product is susceptible to climatic conditions, making natural drying in the field unfeasible. In view of this, the niger needs to go through the artificial drying process, in order to reduce its water content, maintain its quality and ensure storage security. For the successful implementation of culture it is necessary to use quality seeds and vigor tests are important in assessing the physiological potential of seeds because complement the information obtained in the germination test. Thus, the objective of this work was to study the physiological quality of niger seeds, as well as the fatty acid profile of the crude oil extracted after drying under different air temperature conditions. For the experiment, were used niger seeds (*Guizotia abyssinica* Cass.) harvested with approximately 19% moisture content, wet basis (w.b.) cultivated in Dourados / MS. Drying was carried out at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C until the moisture content was  $8.5 \pm 1\%$  (w.b.). The physiological properties of niger seeds were determined by the following tests: germination, germination speed index, mean germination time, cold, accelerated aging with saturated solution, emergence and emergency speed index. For the extraction of the oil content in the seeds, the direct hexane method was used. The technique of gas chromatographic separation with flame ionization detector (GC-FID) was used to determine the fatty acid profile. The experiment was set up in a completely randomized design. For the experimental average data analysis of variance and regression was performed using the software SISVAR. By means of a joint analysis of the data, it can be concluded that: drying air temperatures of 40 and 50 °C do not compromise the physiological quality of niger seeds. The temperature of 70 °C promotes the lowest values in the tests evaluated. In general, the drying temperatures employed do not promote large changes in the fatty acid profile of niger oil.

**Keywords:** *Guizotia abyssinica* Cass., post-harvest, oilseed, fatty acid profile.

## 1. INTRODUÇÃO

Recentemente tem-se aumentado a preocupação mundial no que diz respeito a matriz energética. Pois grande parte da energia consumida no mundo é oriunda de combustíveis de origem fóssil. Combustíveis esses, com possibilidade de esgotamento futuro. Diante disso, a energia obtida através de fontes renováveis tem sido um dos principais alvos das pesquisas mais atuais.

Muitas culturas possuem quantidades significativas de óleos vegetais. Estes podem ter diferentes finalidades. Seja para suprir a demanda por biocombustíveis, ou atender a necessidade da indústria de fármacos, cosméticos e alimentícia. Para isso, é necessário além de alta concentração, possuir elevada estabilidade oxidativa e boa qualidade do óleo presente em suas sementes, como é o caso do niger (*Guizotia abyssinica* Cass.).

O niger se destaca no cenário nacional, pois pode ser utilizado na alimentação de ovinos, enquanto aos bovinos é fornecida como silagem (GETINET & SHARMA, 1996). Uma espécie promissora para a produção de fitomassa quando usada como cobertura do solo (CARNEIRO et al., 2008), sendo uma boa opção tanto para o solo, não deixando o mesmo desprotegido e melhorando suas propriedades, quanto para o produtor sendo uma renda extra.

Assim como algumas culturas, dependendo da época de colheita o produto fica susceptível as condições climáticas, tornando-se inviável a secagem natural no campo. Diante disto, o niger necessita passar pelo processo de secagem artificial, com vista a reduzir seu teor de água, manter sua qualidade e garantir a segurança do armazenamento.

Posterior ao processo de secagem, em unidades beneficiadoras de sementes, é necessário realizar alguns testes para avaliar a qualidade das sementes e verificar se ocorreu algum tipo de alteração fisiológica, sendo um dos principais, o teste de germinação (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). No entanto, o teste de germinação é, isoladamente, pouco eficiente para detectar diferenças na qualidade fisiológica entre lotes de sementes, mas essa discriminação pode ser facilmente observada pela utilização de testes de vigor, como o de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, envelhecimento acelerado, frio, emergência

em campo e outros. Estas são importantes ferramentas na análise de sementes e obtenção de mudas de qualidade.

A redução do teor de água por ocasião da secagem pode alterar, de forma significativa, a qualidade e as propriedades físicas, fisiológicas e químicas das sementes, dependendo do método e das condições de secagem em que foram submetidas. Inúmeros trabalhos têm sido realizados com o objetivo de analisar a secagem de sementes de diversas oleaginosas como, por exemplo: soja (HARTMANN FILHO et al., 2016a); pequi (AQUINO et al., 2009); crambe (COSTA et al., 2012); girassol (SACILIK et al., 2007).

Conforme a espécie oleaginosa, variações na composição química do óleo vegetal são expressas por diferenças na relação molar entre os diferentes ácidos graxos presentes na estrutura. Assim, a análise da composição de ácidos graxos constitui o primeiro procedimento para a avaliação preliminar da qualidade do óleo e isto pode ser obtido por meio da cromatografia gasosa (MITTELBAACH et al., 1996).

Na composição de ácidos graxos, o óleo bruto extraído das sementes de niger se assemelha ao de cártamo e de girassol, com alto teor de ácido linoléico de até 85%, dependendo da origem (RILEY & BELAYNEH, 1989). Os óleos de sementes de niger cultivadas em diferentes regiões da Etiópia, seu país de origem, são tipicamente ricos em ácido linoléico (54-73%), mas com diferentes níveis de oleico (5-27%), palmítico (8-10%) e ácido esteárico (5,5-8,1%) (DUTTA et al., 1994; DAGNE & JONSSON, 1997).

Diante do potencial bioenergético da cultura, da importância do processo de secagem dentre as etapas pós-colheita, do reflexo deste processo na qualidade fisiológica das sementes e na composição do óleo, objetivou-se com o presente trabalho estudar a qualidade fisiológica das sementes de niger, bem como, o perfil de ácidos graxos do óleo bruto extraído após a secagem em diferentes condições de temperatura do ar.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do niger

O niger é uma planta herbácea, dicotiledônea e alógama, sendo polinizada por insetos, principalmente as abelhas. Sua germinação é do tipo epígea e as plântulas possuem hipocótilo e cotilédones de verde pálido a marrom; o caule tem muitas ramificações, apresentando até 2 m de altura e coloração de roxo escuro a verde claro; as folhas são opostas e as flores são amarelas, raramente esverdeadas; os capítulos abrem aproximadamente dois meses após o plantio, levando seis semanas para completar o florescimento. Possuem de 15 a 50 mm de diâmetro, sendo que cada disco floral, que vai do amarelo ao alaranjado, produz aproximadamente 40 frutos (GETINET & SHARMA, 1996).

Em geral, as sementes de niger são pouco angulosas, com seção longitudinal obovada afilando gradativamente em direção à base, e seção transversal elíptica. Externamente são lisas, glabras e negras, enquanto o embrião é branco. Possuem dimensões semelhantes entre si, obtendo-se em média 4,54 mm de comprimento, 1,39 mm de largura, 1,15 mm de espessura e massa de 0,0043 g (GETINET & SHARMA, 1996; GORDIN et al., 2012).

Possuem de 30 a 50%, em massa, de óleo composto por ácidos graxos comuns às espécies da família Asteraceae, caracterizando-se por teor elevado de ácido linoléico, que varia de 55 a 75% em função do local onde as plantas se desenvolvem. No entanto, em qualquer condição o teor de óleo é considerado mais elevado que outras espécies oleaginosas, como o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), por exemplo, que possui 34,3% de óleo, aproximadamente (SARIN et al., 2009). Após a extração do óleo a torta remanescente contém, aproximadamente 30% de proteína e 23% de fibra bruta, entretanto, esses valores também são variáveis de acordo com o local de desenvolvimento das plantas e com a espessura do tegumento da semente (GETINET & SHARMA, 1996).

Além da utilização do óleo, as plantas de niger podem ser utilizadas na bordadura dos campos de cereais para evitar que animais danifiquem a produção e na alimentação de ovinos e bovinos, devendo ser fornecidas aos últimos apenas como silagem (GETINET & SHARMA, 1996; SARIN et al., 2009). A espécie também é

promissora como adubo verde e para a produção de fitomassa, quando utilizada como cobertura do solo no outono/inverno, proporcionando incrementos de matéria orgânica na área (CARNEIRO et al., 2008).

É uma espécie que tolera todos os tipos de solo, exceto os de textura grosseira ou extremamente pesados. Apresenta baixa resposta aos fertilizantes nitrogenados e fosforados e é acometido por baixa infestação de plantas invasoras. Os níveis de rendimento estão em torno de 200 - 300 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, embora possam chegar a 500 - 600 kg ha<sup>-1</sup>, quando bem manejada. A cultura pode ser cultivada com sucesso em rotação de culturas (GETINET & SHARMA, 1996), melhorando as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo e interrompendo ciclos de patógenos, agentes causadores de doenças.

Quanto aos insetos-praga, 24 espécies foram registradas na cultura do niger na Índia e na Etiópia (país de origem da cultura), destes a mosca do niger (*Dioxya sororcula* (Wiedemann) e *Eutretosoma* spp.) e os besouros do pólen negro (*Meligethes* spp.) são os mais importantes. Das doenças relatadas para esta cultura a *Alternaria* sp. é a mais prejudicial (GETINET & SHARMA, 1996).

Na América existem registros do seu cultivo nos Estados Unidos e no Brasil, podendo-se citar os Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo e Minas Gerais, tornando-se promissora, principalmente na região Centro-Oeste, sendo utilizada, inclusive, em rotação com outras culturas durante a safrinha, ocupando áreas que anteriormente eram mantidas em pousio nessa época (GORDIN et al., 2012). Entretanto, apesar do seu potencial econômico, não constam recomendações nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009) e poucos estudos têm sido realizados para avaliar a qualidade fisiológica das suas sementes, bem como o perfil dos ácidos graxos do óleo das sementes produzidas em condições climáticas brasileiras.

Cultivada no período de inverno, possui ciclo em torno de 110 a 120 dias. A colheita é realizada quando os capítulos atingem coloração de marrom a negra, sendo muito importante o planejamento desta etapa, pois devido ao não favorecimento das condições climáticas do Estado de Mato Grosso do Sul, torna-se inviável a secagem no campo e necessário a rápida retirada do produto.

## 2.2 Secagem

Para aproveitamento ideal das sementes durante a colheita, ou seja, máximo teor de matéria seca, qualidade superior e valor de mercado, a secagem deveria ser realizada no momento da maturidade fisiológica, minimizando os processos de deterioração. No entanto, isso não acontece na prática, pois nesse estágio as sementes apresentam alto teor de água, que inviabilizaria a colheita e dependendo do caso, os secadores precisariam de novas configurações de construção para permitir maior fluidez do produto.

O processo de secagem visa à retirada parcial da água da semente, pela transferência simultânea de calor do ar para a semente e de massa, por meio do fluxo de vapor de água, da semente para o ar. Isso ocorre, por si só, em duas fases: a primeira consiste na transferência de água da superfície das sementes para o ar que as circunda e, a segunda consiste no movimento da água advinda do interior para a superfície da semente (BROOKER et al. 1992). Na secagem, o ar é usado para transportar a água das sementes para fora do sistema. Ar forçado e quente serve para aquecer as sementes, fazendo com que a água interna migre para a superfície externa das mesmas e seja evaporada da periferia, para assim diminuir a umidade da massa de sementes que está sendo seca (PESKE & VILLELA, 2003). Para que isso ocorra, a pressão de vapor da semente deve ser maior que a pressão de vapor d'água do ar de secagem.

Há um consenso coletivo sobre os principais danos promovidos pela secagem ser decorrentes da elevação da temperatura do ar, combinado com a taxa de redução de água, também nomeada de taxa de secagem, ser muito elevada. Nesse caso, devido à elevada diferença de teor de água entre a periferia e o centro das sementes, a formação de um gradiente de pressão elevado, desarranjos físico-estruturais e metabólicos são resultantes (NELLIST & HUGHES, 1973; PEREIRA et al., 2011; MENEZES et al., 2012a).

A secagem incorreta pode promover algumas mudanças, como a redução da porcentagem de germinação e vigor das sementes, bem como modificações em sua composição centesimal (ALENCAR et al., 2009; BARROZO et al., 2014). Contudo, dependendo do nível deste dano, alguns subprodutos como o óleo, também podem refletir tal efeito prejudicial (ALENCAR et al., 2010), e o esforço aplicado em pesquisas de melhoramento genético, fitotécnicos e zoneamento climático pode ser comprometido.

### 2.3 Qualidade fisiológica

Após o processo de secagem e durante o armazenamento, alguns testes são realizados para avaliar a qualidade dos produtos agrícolas, dentre eles, o teste de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, envelhecimento acelerado, frio, emergência e o índice de velocidade de emergência (MAGUIRE, 1962; ULMANN et al., 2010; GORDIN et al., 2012).

De acordo com Marcos Filho (2015) e Andrade et al. (2006), a germinação das sementes inicia-se com a embebição, que é o mecanismo de absorção de água da semente. Esse processo desencadeia uma sequência de mudanças metabólicas que culminam com a protrusão da radícula, quando se refere às sementes viáveis não dormentes. O teste de germinação é o principal parâmetro utilizado para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes e permite conhecer o potencial de germinação de um lote em condições favoráveis (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). No entanto, o teste de germinação pode ser pouco eficiente, quando utilizado sozinho para avaliação entre lotes, mas essa distinção é possível com os testes de vigor, que são importantes conjuntos de atributos que permitem uma análise com resultados satisfatórios de sementes e plantas de qualidade.

O processo de germinação de sementes com baixa qualidade fisiológica é mais sensível às variações nas condições ambientais de campo, o que pode contribuir para ocorrência de menores porcentagens de emergência de plântulas, aumentando os custos da produção pela necessidade de replantio, devido às falhas na formação do estande final (GUEDES et al., 2009). Assim, de acordo com Tekrony & Egli (1991), o potencial fisiológico das sementes pode afetar a produção da lavoura ao alterar a velocidade e a porcentagem de emergência das plântulas e o estande inicial, bem como pode inferir diretamente no rendimento de grãos, através de sua influência no vigor das plantas resultantes.

Um dos conceitos mais antigos de vigor de sementes está relacionado à velocidade de germinação (AOSA, 1983). E embora os lotes de sementes apresentem porcentagens de germinação semelhantes, frequentemente registram-se diferenças na velocidade e no tempo médio de germinação, sugerindo que existem diferenças de vigor entre eles (NAKAGAWA, 1999), sendo mais vigorosas, aquelas sementes com maior velocidade e, conseqüentemente, menor tempo de germinação.

O índice de velocidade e tempo médio de germinação, usualmente aplicado com o teste de germinação, parte do princípio de que as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais já na primeira contagem da germinação, conforme as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), são mais vigorosas comparadas as demais, pois como relatado por Tillmann & Menezes (2012), a velocidade do processo germinativo, de maneira indireta, ocorre mais rapidamente.

Segundo Vieira et al. (2010), o teste de frio é o mais antigo e popular dos testes de vigor utilizados, desenvolvido para avaliar o vigor de sementes expostas a condições adversas de ambiente, como baixa temperatura. A temperatura subótima incentiva a perda de solutos celulares, devido à configuração do sistema de membranas, que exercem efeito prejudicial ao desempenho das sementes (MARCOS FILHO, 2015). Com isso, torna-se possível representar as condições em que estas sementes estariam expostas a situações de semeadura em campo.

O teste de envelhecimento acelerado consiste em submeter as sementes à elevadas temperaturas e umidades relativas, simulando condições normais de armazenamento, mas com um aumento da velocidade de deterioração (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013). Assim, um dos fatores mais importantes nesse teste é a interação entre temperatura/período de exposição, pois afetam o comportamento das sementes. Outro fator é a velocidade e intensidade de absorção de água pelas sementes, originando variações acentuadas no teor de água ao final do teste. Com o objetivo de evitar a desuniformidade de absorção de água entre as amostras, que pode resultar em deterioração diferenciada, comprometendo os resultados pós-envelhecimento, Jianhua & McDonald (1996) propuseram a substituição da água por soluções saturadas de sais. Com esse procedimento, há redução da umidade relativa do ambiente, garantindo que os efeitos da deterioração fiquem restrito à temperatura e ao período de exposição (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013).

## 2.4 Óleo vegetal

Os lipídios são macromoléculas encontradas tanto nos vegetais como nos animais e exercem funções muito importantes em várias atividades biológicas, além de fazer parte da composição da estrutura celular e atuar como reserva energética (NELSON & COX, 2014).

Os lipídios abrangem um número elevado de substâncias e podem ser agrupados de acordo com a estrutura química. As formas mais abundantes e os de principal importância em alimentos são os triacilgliceróis, que são lipídios formados pela ligação de três moléculas de ácidos graxos com uma molécula de glicerol.

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos constituídos de cadeias de hidrocarbono com um grupo carboxila terminal e se diferenciam pelo comprimento da cadeia e número, posição e configuração das duplas ligações (VISENTAINER & FRANCO, 2006). São classificados conforme a presença de duplas ligações entre as cadeias de carbono.

Os ácidos graxos quando saturados possuem apenas ligações simples entre os carbonos, enquanto os insaturados contêm uma ou mais ligações duplas na sua estrutura. Deve-se ressaltar que os fatores ambientais e genéticos podem determinar a quantidade de ácidos graxos saturados e insaturados presentes nos óleos vegetais (MORETTO & FETT, 1998; KNOTHE et al., 2005).

As plantas armazenam nas sementes os triacilgliceróis, sendo utilizados como reserva de energia para os processos germinativos e de crescimento (TZEN et al., 1993). Óleos vegetais representam um dos principais produtos derivados de plantas, dentre os quais aproximadamente 75% são extraídos de sementes (SALAS et al., 2000).

Óleos vegetais consistem principalmente de triacilgliceróis (95%) (KAMAL-ELDIN, 2006). Além dos triacilgliceróis, os óleos contêm vários componentes como: mono e diglicerídeos, ácidos graxos livres, tocoferóis, proteínas, esteróis e vitaminas (FARIAS et al., 2002; HIDALGO et al., 2003; OETTERER et al., 2006).

Os ácidos graxos contêm de 8 a 24 átomos de carbono com diferentes graus de insaturações (MORETTO & FETT, 1998). A maioria dos óleos vegetais, em especial os de sementes oleaginosas, é bastante insaturado, contendo principalmente ácidos graxos de 18 carbonos. Dentre os ácidos graxos mais comumente encontrados

em óleos vegetais (como os óleos de soja, milho, canola, oliva, niger) estão: palmítico, esteárico, oleico, linoléico e linolênico (McCLEMENTS & DECKER, 2010; RAMADAN & MÖRSEL, 2003).

Em geral, quanto maior o grau de insaturação, mais suscetível está o óleo vegetal a deterioração oxidativa (St. ANGELO, 1996). Dessa forma, é essencial conhecer a composição em ácidos graxos para identificar suas características e conhecer a estabilidade desses produtos (ZAMBIAZI, 1999). Além disso, o grande interesse pela composição de óleos está relacionado a sua influência na saúde humana, onde o uso *in natura* na culinária vem aumentando entre a população, que busca nos tempos atuais hábitos alimentares mais saudáveis, como o consumo de óleos comestíveis ricos em triacilgliceróis insaturados.

Óleos vegetais são fontes de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, que desempenham um papel importante no metabolismo celular, como reserva e também fornecimento de energia ao organismo, quando necessário.

A relação de ácidos graxos saturados e insaturados é muito importante para a nutrição humana. Enquanto altos níveis de ácidos graxos saturados são desejáveis para aumentar a estabilidade de óleos, por outro lado, nutricionalmente, eles são indesejáveis, porque a ingestão de altos níveis de ácidos graxos saturados é frequentemente associada ao aumento da concentração de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) no sangue e o risco de doenças cardiovasculares (MICHA & MOZAFFARIAN, 2010; KUMAR et al., 2016).

O perfil de ácidos graxos presentes é talvez a principal característica para prospecção da qualidade final do biodiesel. As técnicas mais comuns para determinação da composição são a Cromatografia a Gás (CG) e a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Para essa análise por CG, os triacilgliceróis com um álcool de cadeia curta são convertidos em ésteres metílicos e analisados, sendo essa reação chamada de transesterificação. A identificação é feita com base no tempo de retenção por comparação com padrões cromatográficos (MARTÍNEZ et al., 2014; FREITAS, 2015).

A temperatura é um dos fatores mais importantes, podendo afetar as propriedades físico-químicas do óleo, levar à rancificação de gorduras e alterar pigmentos (BIAGI et al., 1992; NOGUEIRA, 1992). Com isso, torna-se importante a decisão da temperatura adequada de secagem, para que a qualidade do produto não seja prejudicada e aumente os custos de produção na indústria.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas de Produtos Agrícolas, Laboratório de Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, Laboratório de Sementes, Laboratório de Síntese e Caracterização Molecular da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados – MS e no Laboratório de Combustíveis da Universidade Federal do Mato Grosso de Sul (UFMS), Campo Grande - MS.

Foram utilizadas sementes de niger colhidas mecanicamente com teor de água inicial de, aproximadamente 19% em base úmida (b.u.). As sementes foram processadas com o auxílio de peneiras metálicas para a retirada de impurezas e matérias estranhas à cultura. Após essa etapa, as sementes foram submetidas à secagem no secador experimental, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e umidade relativa de 24,46; 14,62; 9,06 e 5,79%, respectivamente.

Para o procedimento de secagem foi utilizado um secador de camada fixa (Figura 1). O mesmo é dotado de um sistema que controla com precisão o fluxo e a temperatura do ar de secagem, e dispõe de uma série de sensores conectados a um painel de controle, visando à obtenção de um ajuste fino e o monitoramento das condições do ar de secagem.

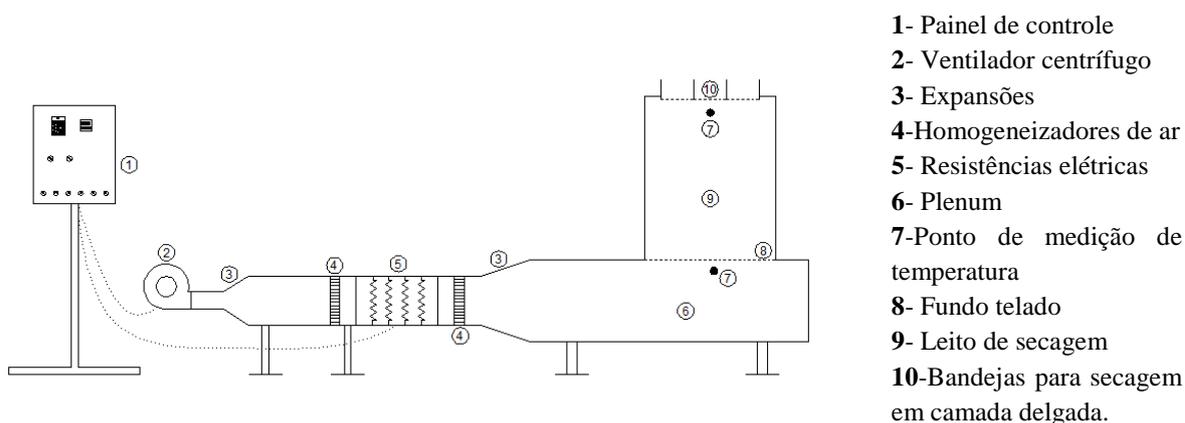


FIGURA 1. Secador experimental de camada fixa utilizado na secagem das sementes de niger (GONELI et al., 2016).

Durante o processo de secagem, as bandejas contendo em cada uma 0,200 kg de amostras foram pesadas, periodicamente, até o ponto final da secagem, que correspondeu ao teor de água de  $8,5\% \pm 1$  (b.u.).

O teor de água do niger foi determinado por gravimetria, utilizando-se a estufa a  $105 \pm 1$  °C, durante 24 horas, em três repetições (BRASIL, 2009).

### **3.1 Efeito da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes**

Anteriormente a cada teste fisiológico, as sementes foram tratadas com fungicida (Maxim®), buscando assim, minimizar possíveis erros devido alguma contaminação de patógenos e o produto poder expressar seu potencial dentro das condições estabelecidas.

As propriedades fisiológicas das sementes de niger, em cada temperatura de secagem, foram determinadas por meio dos seguintes testes:

#### **3.1.1 Teste de Germinação, Índice de velocidade e Tempo médio de Germinação**

O teste foi realizado utilizando caixa tipo gerbox, onde 50 sementes foram acondicionadas sobre papel Germitest® umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, o processo foi desenvolvido em câmara de germinação do tipo B.O.D. regulada a temperatura de 25 °C com luz contínua e reproduzido quatro vezes, totalizando uma amostra de 200 sementes, em 3 repetições (GORDIN et al., 2012). Foram realizadas contagens diárias e ao final de sete dias após a semeadura, obtiveram-se a porcentagem de germinação, levando-se em consideração a formação de plântulas normais (parte aérea e sistema radicular desenvolvido). Juntamente com o teste de germinação, foi realizado o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme a Equação 1, o resultado foi expresso em  $\text{sementes} \cdot \text{dia}^{-1}$ , seguindo a metodologia de Maguire (1962). Também foi determinado o tempo médio de germinação (TMG), conforme a Equação 2, proposta por Edmond & Drapalla (1958).

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn} \quad (1)$$

$$TMG = \frac{[(N1 G1) + (N2 G2) + \dots + (Nn Gn)]}{(G1 + G2 + \dots + Gn)} \quad (2)$$

em que,

G1, G2, Gn = número de sementes germinadas computadas no determinado dia de contagem; e

N1, N2, Nn = número de dias da sementeira.

### 3.1.2 Teste de Frio

Foi realizado em rolo de papel, umedecido ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, utilizando-se duas folhas de papel Germitest® para a sementeira e uma folha sobre as sementes. Após a sementeira, os rolos de papel foram envoltos com embalagem plástica e transferidos para câmaras de germinação, reguladas a 5 °C por cinco dias. Após este período de resfriamento, as bandejas e os rolos foram transferidos para câmara de germinação regulada a 25 °C em presença de luz, onde utilizou-se a mesma metodologia do teste de germinação inicial (GORDIN et al., 2012) e determinou-se, ao final de sete dias, a porcentagem de plântulas normais.

### 3.1.3 Teste de envelhecimento acelerado com solução saturada

Foi realizado para cada tratamento em câmaras individuais constituídas de plástico com tela metálica suspensa em seu interior, onde foi distribuída uma camada uniforme de sementes de niger (1 g). Dentro de cada compartimento individual foram adicionados 100 mL de água destilada e 20 g de cloreto de sódio (NaCl) correspondentes a 76% de umidade relativa, em seguida as caixas foram acondicionadas em estufa a 41 °C por 24 horas (GORDIN et al., 2015). Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação.

### 3.1.4 Emergência de plântulas em campo e Índice de Velocidade de Emergência

Foi realizada a sementeira em bandejas plásticas preenchidas com Latossolo Vermelho Distroférico e areia lavada, na proporção volumétrica de 1:1,

sendo umedecido sempre que necessário. Foram realizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, acondicionadas em casa de vegetação revestida com Sombrite®, com redução da luminosidade de 30%, localizada na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias/UFGD. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, finalizando a avaliação assim que estabilizado a emergência das plântulas. Concomitante ao teste de emergência foi realizado o índice de velocidade de emergência (IVE), computando-se diariamente o número de plântulas emergidas, calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962).

### **3.2 Efeito da temperatura do ar de secagem sobre a composição química do óleo**

Para a extração do conteúdo de óleo bruto, foi utilizado aproximadamente 20 g de sementes, de acordo com o método direto com hexano (100 mL). As sementes foram trituradas usando um mixer portátil, para aumentar a superfície de contato com o solvente e logo após foram adicionados em um balão de erlenmeyer em que permaneceu durante 24 horas ocorrendo a extração. Em seguida, foi realizado a filtragem em papel filtro transferindo para um balão. A separação do óleo com o solvente foi realizada à pressão reduzida em um evaporador rotativo.

O biodiesel (éster) de niger foi obtido via transesterificação alcalina do óleo bruto de niger, utilizando hidróxido de potássio (KOH) como catalisador básico (1,5% em relação ao óleo) e uma razão molar 6:1 de metanol/óleo. O metóxido de potássio foi preparado pela dissolução do catalisador em metanol a uma temperatura de 45 °C e, em seguida, vertido para um balão de erlenmeyer contendo óleo pré-aquecido à temperatura de 45 °C. A reação permaneceu sob agitação constante durante 90 min. Para a separação do biodiesel da glicerina e dos componentes indesejáveis, a mistura foi transferida para um funil de decantação, no qual permaneceu por aproximadamente 12 horas. O biodiesel foi separado dos subprodutos por decantação e lavado três vezes com água ultrapura e, em seguida, com solução saturada de cloreto de sódio, finalizando com o ajuste do pH em um valor próximo da neutralidade. Após essa etapa, para eliminação de resíduos de água, o biodiesel foi filtrado na presença de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Foi aplicada a técnica de separação por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (GC-FID) para determinar o perfil de ácido graxo nas amostras de óleo de niger.

Utilizou-se um cromatógrafo Varian CP - 3800 com injetor automático e detector por ionização em chama (FID). A coluna utilizada foi uma BPX 70 (SGE) com as dimensões 30 metros de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme.

Os parâmetros cromatográficos são apresentados na Tabela 1. Uma injeção prévia com padrões cromatográficos de FAMES (ésteres metílicos de ácidos graxos) foi realizada para identificar os picos de C4 até C22.

TABELA 1. Parâmetros Cromatográficos da análise por GD – FID.

Parâmetros do injetor e detector		Parâmetros do forno	
Volume de injeção	1 µL	Taxa de aquecimento (°C/min)	4
Temperatura do injetor (°C)	200	Isoterma (min.)	10
Detector	FID	Tempo de corrida total (min.)	52
Modo de injeção	Split	Temperatura (°C)	80
Razão de Split	1:100	Gás de arraste	Hélio
Temperatura do detector (°C)	250	Fluxo	1 mL/min.

### 3.3 Análise estatística

O experimento de avaliação da fisiologia das sementes de niger após a secagem foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro condições de secagem (40, 50, 60 e 70 °C) com no mínimo três repetições. Os dados médios experimentais foram submetidos a análise de variância e regressão utilizando o software SISVAR. Para o ajuste dos modelos matemáticos foi realizada a análise de regressão não linear, pelo método Gauss Newton, utilizando-se o programa Statistica 7.0. Para verificar o grau de ajuste de cada modelo, foi considerada a magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ , decimal), o valor do erro médio relativo (P, %), a significância da equação e a compreensão do desenvolvimento do fenômeno biológico. Já para os dados de qualidade do óleo adotou-se uma análise descritiva. O valor do erro médio relativo foi calculado conforme a Equação 3:

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \right) \quad (3)$$

em que,

$n$  - número de observações experimentais;

$Y$  - valor experimental; e,

$\hat{Y}$  - valor estimado pelo modelo;

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Qualidade fisiológica das sementes de niger

Todos os modelos ajustados apresentam valores reduzidos de erro médio relativo, sendo todos inferiores a 10. Segundo Mohapatra & Rao (2005), é um parâmetro que pode ser utilizado para recomendação ou não de um modelo. Os valores de erro médio relativo refletem o desvio dos valores observados com relação a curva estimada pelo modelo (KASHANINEJAD et al., 2007). Logo, neste caso, o desvio pode ser considerado aceitável.

As temperaturas de 40, 50 e 60 °C proporcionam maiores valores médios experimentais de germinação das sementes de niger (Figura 2). Em contrapartida, para a temperatura de 70 °C, o valor médio experimental foi inferior as demais. Provavelmente em função do rompimento das membranas celulares das sementes, devido ao efeito da temperatura do ar de secagem. Segundo Marcos Filho (2015) dependendo das condições de secagem pode haver redução da qualidade fisiológica das sementes, pela intensificação do fenômeno da deterioração. Isso ocorre, em função das tensões exercidas nas camadas mais superficiais das sementes, onde altas temperaturas causam elevadas taxas de secagem, assim forçando a rápida remoção de água do produto.

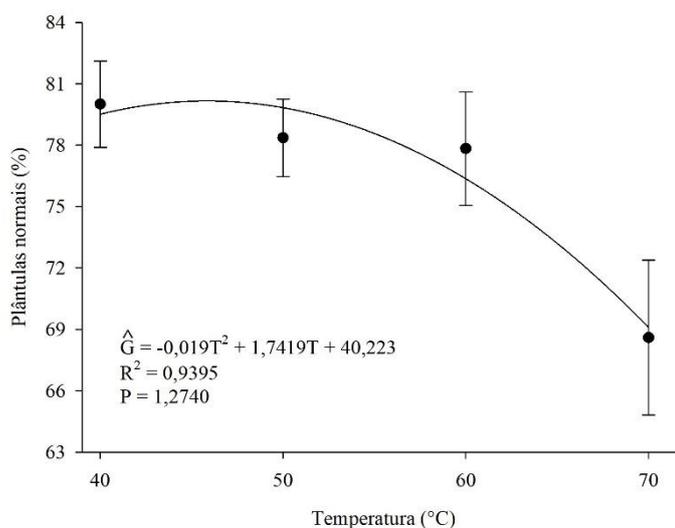


FIGURA 2. Porcentagem de plântulas normais da contagem final do teste de germinação (G) das sementes de niger em função da temperatura de secagem.

Costa et al. (2012), Ullmann et al. (2015) e Hartmann Filho et al. (2016b) avaliaram a influência de diferentes temperaturas de secagem na qualidade fisiológica de frutos de crambe, pinhão manso e soja, respectivamente, sendo verificado o mesmo comportamento na germinação. Os autores relatam, assim como também sugerido por Afrakhteh et al. (2013) e observado por Menezes et al. (2012a, 2012b), que geralmente esse resultado é proveniente da rápida taxa de remoção de água do produto, estimulada pela alta temperatura do ar de secagem, que cria um gradiente de pressão elevado entre o exterior e a parte interna do produto, resultando em fendas tegumentares e formação de microfissuras no cotilédone, influenciando negativamente a qualidade das sementes.

Assim como observado para germinação das sementes de niger (Figura 2), o índice de velocidade de germinação foi maior para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C (Figura 3), corroborando com os resultados encontrados por Oliveira et al. (2016) ao avaliarem diferentes temperaturas de secagem em sementes de milho, ao observado por Resende et al. (2012) ao avaliarem a secagem em feijão adzuki, e Ullmann et al. (2015) ao analisarem sementes de sorgo sacarino.

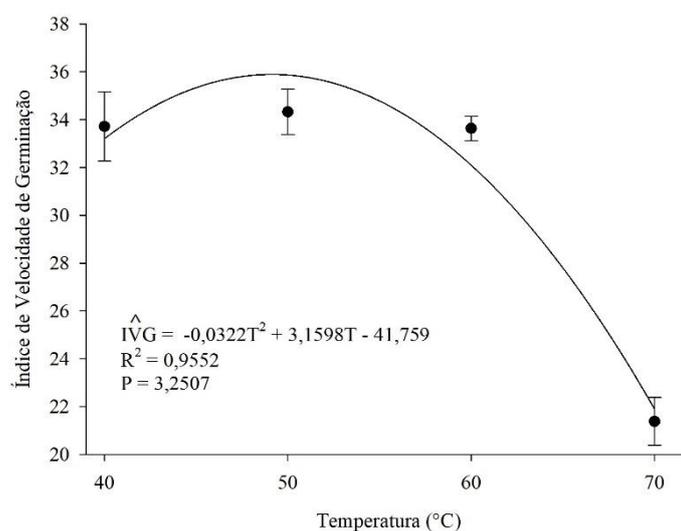


FIGURA 3. Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de niger em função da temperatura de secagem.

A temperatura de 70 °C proporciona às sementes de niger menor IVG, e estão associados a sementes menos vigorosas. Menezes et al. (2012a) relatam que o aumento nas temperaturas de secagem resulta em aumento na porcentagem de

sementes com fissuras, que, associado a outros efeitos de secagem, afetam negativamente o índice de velocidade de germinação.

Para o tempo médio de germinação (Figura 4), as sementes submetidas ao ar de secagem na temperatura de 70 °C obtiveram os maiores resultados médios experimentais. Sendo que, quanto maior esse valor, maior foi o tempo necessário para que ocorresse o processo de germinação. Essa elevada temperatura pode ter causado a diminuição da velocidade das reações metabólicas, afetando os processos essenciais para o início da germinação (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012), assim, retardando a velocidade de germinação, a porcentagem e também aumentando o tempo médio de germinação.

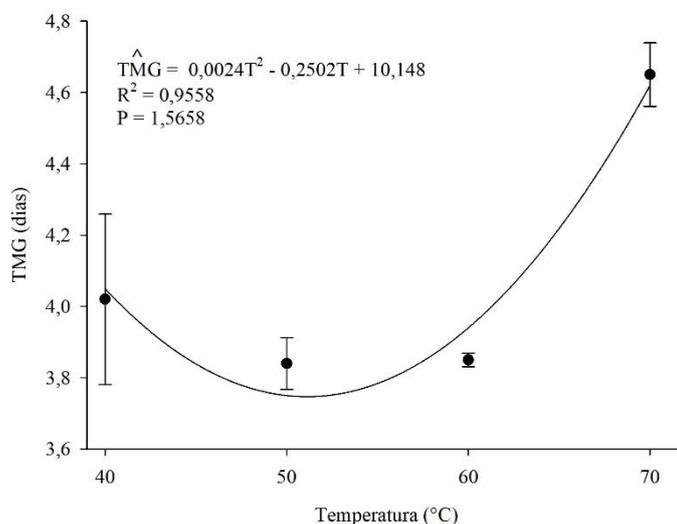


FIGURA 4. Tempo Médio de Germinação (TMG) de sementes de niger em função da temperatura de secagem.

O tempo médio de germinação é um bom índice para avaliar-se a rapidez de ocupação de uma espécie em determinado local (FERREIRA et al., 2001). Assim, maiores valores de TMG não são desejáveis pois estão associados a menor vigor.

As temperaturas do ar de secagem mais baixas, principalmente 40 e 50 °C, proporcionam porcentagem de plântulas normais superiores as demais quando submetidas ao teste de frio (Figura 5). E a temperatura de 60 °C apresenta valores médios experimentais intermediários, assim como na porcentagem de germinação (Figura 2). As temperaturas elevadas, provocaram danificações mais acentuadas às sementes do que as menores temperaturas, sendo este comportamento semelhante ao verificado por Saravia et al. (2007) e Hartmann Filho et al. (2016c), ao secarem

sementes de arroz e soja, respectivamente. Estes resultados demonstram a eficiência deste teste de avaliação fisiológica, que em muitos casos é utilizado como um parâmetro auxiliar na seleção da qualidade de sementes.

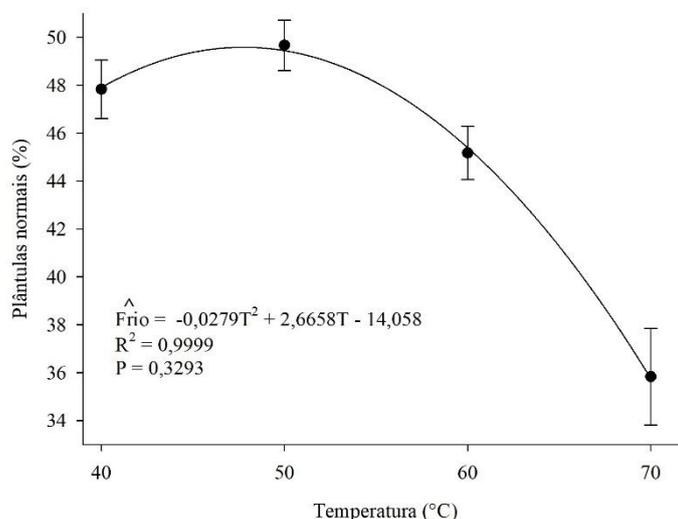


FIGURA 5. Porcentagem de plântulas normais do Teste de Frio de sementes de niger em função da temperatura de secagem.

Conforme o aumento da temperatura do ar de secagem, ocorre decréscimo imediato no vigor das sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado (Figura 6), sendo a única análise que apresentou comportamento tipicamente linear.

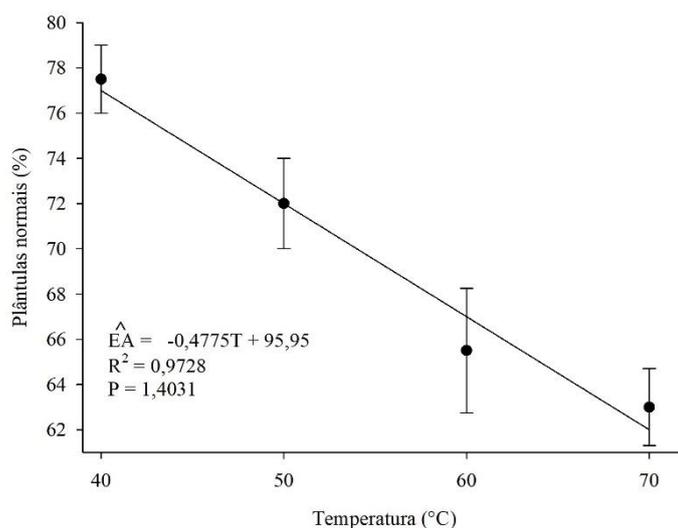


FIGURA 6. Porcentagem de plântulas normais do Teste de Envelhecimento Acelerado (EA) de sementes de niger em função da temperatura de secagem.

O teste de envelhecimento acelerado, bem como o teste de frio, apresentou porcentagens médias experimentais de plântulas normais inferiores às verificadas para a germinação. Assim, é possível presumir que por consequência da integridade das sementes ter sido prejudicada, ocorreu uma diminuição na sua capacidade em resistir as condições adversas aplicadas pelo teste.

Menezes et al. (2012b) e Sarath et al. (2016) ao avaliarem a qualidade fisiológica de sementes de arroz e amendoim, respectivamente, por meio dos testes de envelhecimento acelerado e frio observaram que com o aumento da temperatura do ar, o vigor das sementes é reduzido, por conta dos efeitos deletérios da temperatura do ar secagem.

As temperaturas mais baixas proporcionaram maiores médias experimentais para a porcentagem de plântulas normais emergidas (Figura 7), comparativamente aos demais tratamentos. Evidenciando assim, menores danos ao sistema de membranas das células das sementes de niger. O teste de emergência tem mostrado resultados satisfatórios também em outros trabalhos com a finalidade de avaliar o vigor de sementes (SANTOS et al., 2010; DELARMELINO-FERRARESI et al., 2014; ULLMANN et al., 2015).

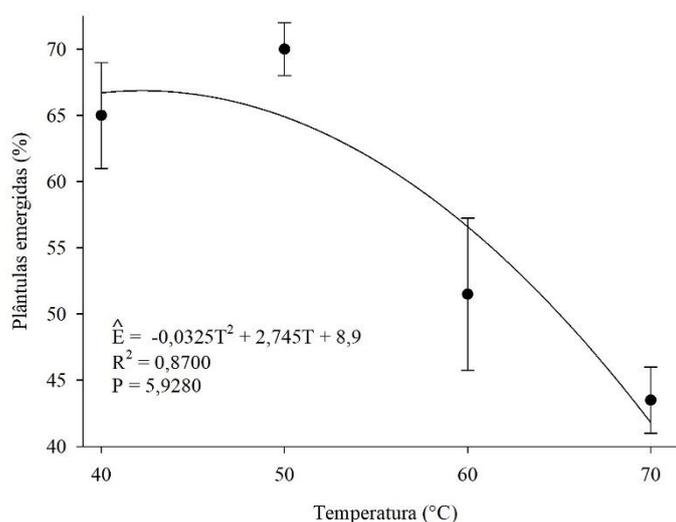


FIGURA 7. Porcentagem de plântulas emergidas do teste de Emergência (E) de niger em função da temperatura de secagem.

Na média as temperaturas de 40 e 50 °C proporcionam maiores valores experimentais de índice de velocidade de emergência (Figura 8). Já as temperaturas de 60 e 70 °C apresentam valores experimentais reduzidos com pouca variação entre elas.

Não houve efeito significativo para os resultados experimentais, impossibilitando o ajuste de um modelo que representasse o comportamento de maneira satisfatória.

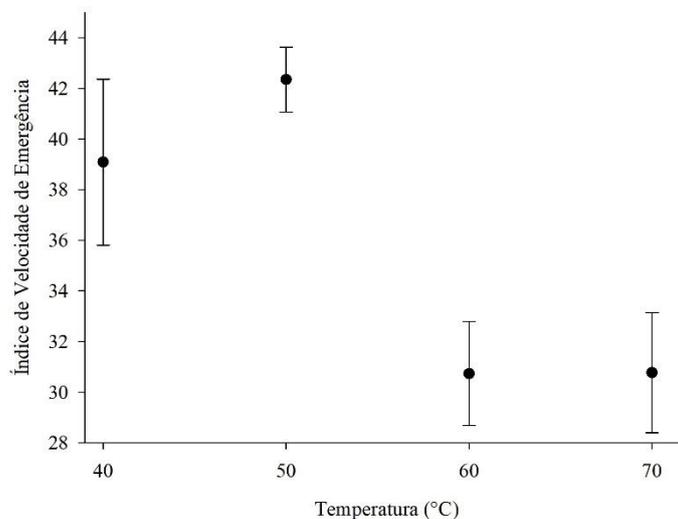


FIGURA 8. Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de plântulas de niger em função da temperatura de secagem.

Nota-se que o Índice de velocidade de emergência (Figura 8) é um pouco mais sensível que os demais testes, pois a diferença entre o dano causado pela temperatura de secagem de 50 e 60 °C não foi tão evidente nas outras avaliações. Esse teste é de grande importância para o produtor, pois visa reproduzir o comportamento da semente a nível de campo.

De acordo com Schuh (2010), sementes ortodoxas, assim como o niger, são mais tolerantes a dessecação, principalmente em processos de secagem lentos, que por sua vez, reduz os danos fisiológicos causados às sementes. Além disso, essas sementes possuem mecanismos de proteção que as permitem preservar membranas celulares e estruturas macromoleculares, ademais, reservar substâncias que reativam suas funções fisiológicas quando são reidratadas (GUIMARÃES, 1999).

Dessa forma, temperaturas mais baixas, por apresentarem processos mais lentos de remoção de água, afetam menos o potencial fisiológico da semente, preservando sua germinação e vigor (SCHUH et al., 2013; ALVES et al., 2015; CARDOSO et al., 2015).

## 4.2 Perfil de ácido graxo do óleo de niger

Foram identificados na composição do óleo de niger para todas as temperaturas estudadas, 11 diferentes ácidos graxos, sendo utilizados somente os que apresentaram quantidades significativas. Os demais ácidos (butírico (C4:0), palmitoleico (C16:1), araquídico (C20:0) e  $\alpha$ -linolênico (C18:3n3)) foram identificados com concentrações abaixo de 0,5%.

De modo geral, o perfil dos principais ácidos graxos não apresentou variação expressiva conforme o aumento da temperatura do ar de secagem (Figura 9). Nesse óleo vegetal, o principal componente é o ácido linoléico. Nota-se também, alta concentração de ácidos graxos palmítico, oléico e esteárico.

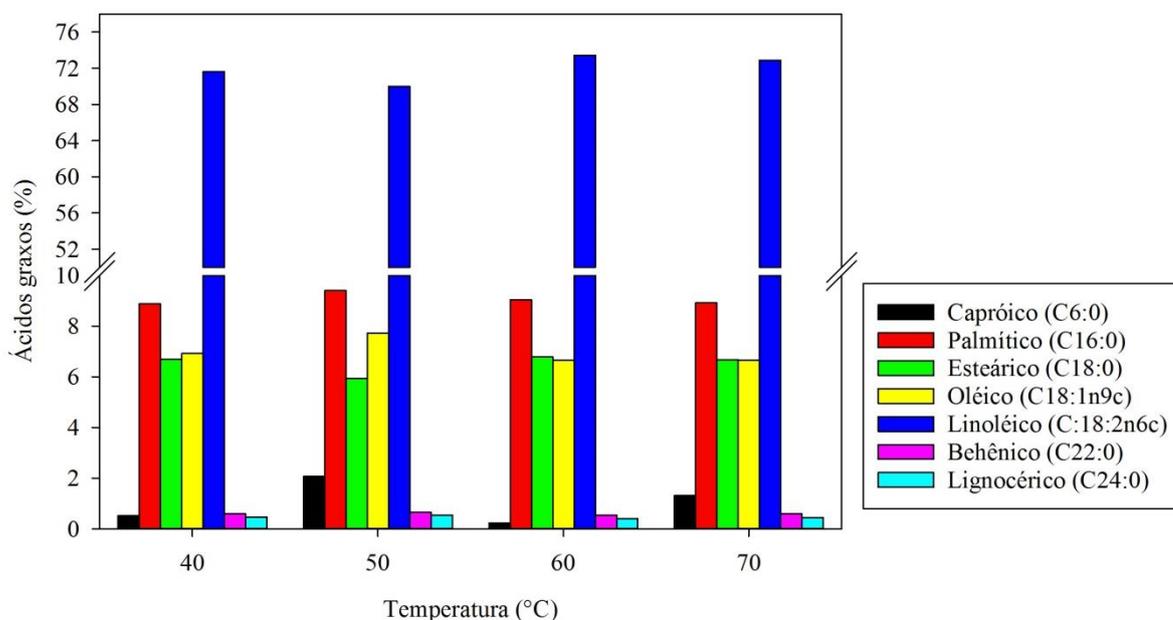


FIGURA 9. Perfil de ácidos graxos de ésteres de sementes de niger submetidas em diferentes temperaturas de secagem.

Como observado na análise dos resultados, o óleo das sementes de niger apresentam os ácidos linoléico ( $\omega 6$ ) e  $\alpha$ -linolênico ( $\omega 3$ ), que são necessários para manter sob condições normais, as funções cerebrais, a transmissão de impulsos nervosos, a síntese da hemoglobina e da divisão celular, e são denominados essenciais por não serem sintetizados pelo organismo (KSCHONSEK et al., 2016; SONG et al., 2016). Diante disso e com base em sua alta qualidade nutricional, o óleo de niger torna-

se uma importante fonte na dieta humana, fornecendo uma ampla gama de benefícios para a saúde.

A porcentagem de ácidos graxos do óleo de niger do presente trabalho, apresenta alta semelhança com outros estudos com sementes oriundas da Etiópia, onde avaliaram a composição e a concentração, Dutta et al. (1994), Dagne & Jonsson (1997), Ramadan & Mörsel (2003). Essas informações indicam que, a cultura do niger sendo cultivada nas condições edofoclimáticas do estado de Mato Grosso do Sul e as sementes submetidas a secagem artificial, não ocorreu perda na qualidade do óleo comparado a sua região de origem.

De acordo com Neto & Rossi (2000), a oxidação é um processo acelerado pela alta temperatura e é a principal responsável pela modificação das características físico-químicas e sensoriais do óleo. Contudo, nota-se que mesmo na temperatura mais elevada de secagem (70 °C) não houve danos aos ácidos graxos, compostos pelo óleo de niger.

Não foram observados ácidos graxos *trans* em meio ao óleo obtido dos tratamentos. Este resultado é altamente favorável, pois o consumo de ácidos graxos *trans* tem sido frequentemente associado a um maior risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (MOZAFFARIAN et al., 2006).

A manutenção dessa quantidade de ácidos graxos insaturados com a alteração das temperaturas de secagem é desejável. Pois, com temperaturas elevadas têm-se algumas vantagens, como: menor tempo de secagem, melhor rendimento no processamento do produto, economia de energia, redução de custos, e o não comprometimento das qualidades tecnológicas voltadas para a indústria de fármacos e alimentícios.

## 5. CONCLUSÕES

As temperaturas do ar de secagem de 40 e 50 °C não comprometem a qualidade fisiológica das sementes de niger. Sendo que a temperatura de 70 °C promove os menores valores nos testes avaliados.

De modo geral as temperaturas de secagem empregadas não causam grandes alterações no perfil de ácidos graxos do óleo de niger.

Dentre os ácidos graxos identificados, o linoléico é o que se encontra em maior concentração.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRAKHTEH, S.; FRAHMANDFAR, E.; HAMIDI, A.; RAMANDI, H.D. Evaluation of growth characteristics and seedling vigor in two cultivars of soybean dried under different temperature and fluidized bed dryer. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v.5, n.21, p.2537-2544, 2013.

ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.D.; LACERDA FILHO, A.F.; PERTINELLI, L.A.; COSTA, A.R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13 n.5, p.606-613, 2009.

ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.D.; PETERNELLI, L.A.; SILVA, M.T.C.; COSTA, A.R. Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.303-308, 2010.

ALVES, M.M.; ALVES, E.U.; SILVA, R.S.; SANTOS-MOURA, S.S.; ANJOS NETO, A.P.; RODRIGUES, C.M. Potential physiological seed *Clitoria Fairchildiana* howard in time function and drying temperature. **Bioscience Journal**, v.31, n.6, p.1600-1608, 2015.

ANDRADE, E.T.; CORREA, P.C.; TEIXEIRA, L.P; PEREIRA, R.G; CALOMENIJ. F. Cinética de Secagem e Qualidade de Sementes de Feijão. **Engevista**, v.8, n.2, p. 83-95, 2006.

AQUINO, L.P.; FERRUA, F.Q.; BORGES, S.V.; ANTONIASSI, R.; CORREA, J.L.G.; CIRILLO, M. A. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. (Ed.). The seed vigor test committee. **Seed vigor testing handbook**. [S.l.], Lincoln, Nebraska: AOSA, 1983. 93p. (The handbook on seed testing, Contribution 32).

BARROZO, M.A.S.; MUJUMDAR, A.; FREIRE, J.T. Air-Drying of seeds: A review. Drying Technology: **An International Journal**, v.32, n.10, p.1127-1141, Jun., 2014.

BIAGI, J.D.; VALENTINI, S.R.T.; QUEIROZ, D.M. Secagem de Produtos Agrícolas. In: CORTEZ, L. A. B.; MAGALHÃES, P. S. G. (Eds.). **Introdução a Engenharia Agrícola**. Campinas: Unicamp. p.245-265. 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450p

CARDOSO, E.A.; ALVES, E.U.; ALVES, A.U. Qualidade de sementes de pitombeira em função do período e da temperatura de secagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.7-16, 2015.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 5.ed., 2012. 590p.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v.67, n.2, p.455-462, 2008.

COSTA, L.M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D.N.; SOUZA, K.A.D.; SALES, J. D.F.; DONADON, J.R. The influence of drying on the physiological quality of crambe fruits. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.34, n.2, p.213-218, 2012.

DAGNE, K.; JONSSON, A. Oil content and fatty acid composition of seeds of *Guizotia* Cass (Compositae). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.73, n.3, p.274-278, 1997.

DELARMELINO-FERRARESI, L.M.; VILLELA, F.A.; AUMONDE, T.Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.14-18, 2014.

DUTTA, P.C.; HELMERSSON, S.; KEBEDU, E.; ALEMA, G.; APPELQVIST, L.A. Variation in lipid composition of niger seed (*Guizotia abyssinica* Cass.) samples collected from different regions in Ethiopia. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.71, n.8, p.839-843, 1994.

EDMOND, J.B.; DRAPALLA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination on okra seeds. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, v.71, n.2, p. 428-434, 1958.

FARIAS, M.P.O.; WANDERLEY, A.G.; TEIXEIRA, W.C.; ALVES, L.C.; FAUSTINO, M.A.G. Avaliação *in vitro* dos efeitos do óleo da semente de *Carapa guianensis* Aubl. sobre larvas de nematóides gastrintestinais de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.2, p.220-226, 2010.

FERREIRA, A.G.; CASSOL, B.; ROSA, S.G.T.D.; SILVEIRA, T.S.D.; STIVAL, A.L.; SILVA, A.A. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.15, n.2, p.231-242, 2001.

FREITAS, O.N. **Estudo de diversas misturas de biodiesel de óleo de soja e de sebo bovino**. 2015. 111p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

GETINET, A.; SHARMA, S.M. **Niger (*Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 5**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, p.59, 1996.

GONELI, A.L.D.; MARTINS, E.A.S.; JORDAN, R.A.; GEISENHOFF, L.O.; GARCIA, R.T. Experimental dryer design for agricultural products. **Engenharia Agrícola**, v.36, n.5, p. 938-950, 2016.

GORDIN, C.R.B.; MARQUES, R.F.; MASETTO, T.E.; SCALON, S.P.Q. Germinação, biometria de sementes e morfologia de plântulas de *Guizotia abyssinica* Cass. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.4, p.619-627, 2012.

GORDIN, C.R.B.; SCALON, S.D.P.Q.; MASETTO, T.E. Accelerated aging test in niger seeds. **Journal of Seed Science**, v.37, n.3, p.234-240, 2015.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; MEDEIROS, M. S.; LIMA, C.R. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.4, p.793-802, 2009.

GUIMARÃES, R.M. **Fisiologia de sementes – produção e tecnologia de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 129p.

HARTMANN FILHO, C.P.; GONELI, A.L.D.; MASETTO, T.E.; MARTINS, E.A.S.; OBA, G.C.; SIQUEIRA, V.C. Qualidade de soja produzida em segunda safra submetida a secagem e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.46, n.3, p.267-275, 2016a.

HARTMANN FILHO, C.P.; GONELI, A.L.D.; MASETTO, T.E.; MARTINS, E.A. S.; OBA, G.C. The effect of drying temperatures and storage of seeds on the growth of soybean seedlings. **Journal of Seed Science**, v.38, n.4, p.287-295, 2016b.

HARTMANN FILHO, C.P.; GONELI, A.L.D.; MASETTO, T.E.; MARTINS, E.A. S.; OBA, G.C. Physiological quality of second crop soybean seeds after drying and storage. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.35, p.3273-3280, 2016c.

HIDALGO, F.J.; ZAMORA, R. Edible oil analysis by high – resolution nuclear magnetic resonance spectroscopy: recent advances and future perspectives. **Trends in Food Science & Technology**, v.14, p.499-506, 2003.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, v.25, p.123-131, 1996.

KAMAL-ELDIN, A. Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.58, p.1051-1061, 2006.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L.G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.1, p.98-108, 2007.

KOBA, K.; YANAGITA, T. Health benefits of conjugated linoleic acid (CLA). **Obesity research & clinical practice**, v.8, n.6, p.525-532, 2014.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. **The Biodiesel Handbook**. 2005, 302 p.

KSCHONSEK, J.; STIMMING, M.; LIBUDA, L.; KERSTING, M.; BÖHM, V. Food-based modification of LC-PUFA concentration in complementary food did not affect plasma vitamin E concentration in infants. **NFS Journal**, v.3, p.25-32, 2016.

KUMAR, A.; SHARMA, A.; UPADHYAYA, K.C. Vegetable oil: nutritional and industrial perspective. **Current Genomics**, v.17, p.230-240, 2016.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2.ed., 2015. 659p.

MARTÍNEZ, G.; SANCHEZ, N.; ENCINAR, J.M.; GONZÁLEZ, J.F. Fuel properties of biodiesel from vegetable oils and oil mixtures. Influence of methyl esters distribution. **Biomass and Bioenergy**. 2014.

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

MENEZES, N.L.; CICERO, S.M.; VILLELA, F.A.; BORTOLOTTI, R.P. Using xrays to evaluate fissures in rice seeds dried artificially. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.1, p.70-77, 2012a.

MENEZES, N.L.; PASQUALLI, L.L.; BARBIERI, A.P.P.; VIDAL, M.D.; CONCEIÇÃO, G.M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p.430-436, 2012b.

MITTELBAACH, M.; ROTH, G.; BERGMANN, A.; **Chromatographia**, v.42, n.7, p. 431-434, 1996.

MICHA, R.; MOZAFFARIAN, D. Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. **Lipids**, v.45, p.893-905, 2010.

MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, n.4, p.513-518, 2005.

MONCALEANO-ESCANDON, J.; SILVA, B.C.F.; SILVA, S.R.S.; GRANJA, J.A.A.; ALVES, M.C.J.L.; POMPELLI, M.F. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Industrial Crops and Products**, n.44, p.684-690, 2013.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais**. São Paulo: Varela, 1998. 150p.

MOZAFFARIAN, D.; KATAN, M.B.; ASCHERIO, A.; STAMPFER, M.J.; WILLETT, W.C. Trans fatty acids and cardiovascular disease. **The New England Journal of Medicine**, v.354, n.15, p.1601-1613, 2006.

MCCLEMENTS, D.J.; DECKER, E.A. Lipídeos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 900p., 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p.49-85.

NELLIST, M.E.; HUGHES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Technology**, v.1, n.1, p.613-643, 1973.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Porto Alegre: Artmed, 6. ed., 2014. 1298p.

NOGUEIRA, R.I. Secagem e desidratação de frutas e hortaliças. In: NOGUEIRA, R.I. (Ed.). **Curso de Processamento de Frutas e Hortaliças**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p.117-130. 1992.

NETO, P.R.C.; ROSSI, L.F.S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v.23, n.4, p.531-537, 2000.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006.

OLIVEIRA, D.E.C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T.A.S.; CAMPOS, R.C. Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a diferentes temperaturas na secagem artificial. **Global Science and Technology**, v.9, n.2, p.25-34, 2016.

PEREIRA, C.C.; OLIVEIRA, P.D.; ISQUIERDO, E.P., BORÉM, F.M.; TAVEIRA, J.H.S.; ALVES, G.E. Análise fisiológica de grãos de café submetidos a diferentes tipos de processamento e métodos de secagem. **VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 22 a 25 de agosto de 2011, Araxá-MG.

PESKE, S.T.; VILLELA, F. Secagem de sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.; ROTA, G.R.M. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003, p.283-322.

RAMADAN, M.F.; MÖRSEL, J.-T. Determination of the lipid classes and fatty acid profile of Niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) seed oil. **Phytochemical analysis**, v.14, n.6, p.366-370, 2003.

RESENDE, O.; ALMEIDA, D.P.; COSTA, L.M.; MENDES, U.C.; SALES, J.F. Adzuki beans (*Vigna angularis*) seed quality under several drying conditions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, n.1, p.151-155, 2012.

RILEY, K.W.; BELAYNEH, HIRUY. Niger seed: *Guizotia abyssinica* Cass. In: **Oil crops in the world: their breeding and utilization**. 1989.

SACILIK, K.; TARIMCI, C.; COLAK A. Moisture content and bulk density dependence of dielectric properties of safflower seed in the radio frequency range. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.4, p. 1111-1116, 2007.

SALAS, J.J.; SÁNCHEZ, J.; RAMLI, U.S.; MANAF, A.M.; WILLIAMS, M.; HARWOOD, J.L. Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruits. **Progress in Lipid Research**, v.39, p.151-180, 2000.

SANTOS, P.C.G. dos; ALVES, E.U.; GUEDES, R.S.; SILVA, K.B.; CARDOSO, E. de A.; LIMA, C.R. de. Qualidade de sementes de *Hancornia speciosa* Gomes em função do tempo de secagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.2, 2010.

SARAVIA, C.T.; PERES, W.B.; RISSO, J. Manejo da temperatura do ar na secagem intermitente de sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.23-27, 2007.

SARATH, K.L.L.; GONELI, A.L.D.; MASETTO, T.E.; OBA, G.C. Physiological potential of peanut seeds submitted to drying and storage. **Journal of Seed Science**, v.38, n.3, p.233-240, 2016.

SARIN, R.; SHARMA, M.; KHAN, A.A. Studies on *Guizotia abyssinica* L. oil: Biodiesel synthesis and process optimization. **Bioresource Technology**, v.100, p.4187-4192, 2009.

SONG, C.; SHIEH, C.H.; WU, Y.S.; KALUEFF, A.; GAIKWAD, S.; SU, K.P. The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in the treatment of major depression and Alzheimer's disease: acting separately or synergistically. **Progress in lipid research**, v.62, p.41-54, 2016.

St. ANGELO, A.J. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.36, p.175-224, 1996.

SCHUH, G.C. **Secagem de milho colhido em espiga para seleção de planta-mãe**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). 62p., 2010. Porto Alegre-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCHUH, G.C.; ANTUNES, L.E.G.; FERRARI FILHO, E.; DIONELLO, R.G.; BENDER, R.J. Secagem de linhagens de milho colhido em espiga para seleção de plantas-mãe na produção de sementes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.8-14, 2013.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, v.31, p.816-822, 1991.

TILLMANN, M.A.A.; MENEZES, N.L. Análise de Sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E (Orgs.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Editora. Universitária/UFPel, 3.ed., 2012. p.162-272.

TZEN, J.T.C.; CAO, Y-Z.; LAURENT, P.; RATNAYAKE, C.; HUANG, A.H. Lipids, proteins, and structure of seed oil bodies from diverse species. **Plant Physiology**, v.101, p.267-276, 1993.

ULMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J.F.; CHAVES, T.H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. **Revista ciência agrônômica**, v.41, p.442-447, 2010.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H.; OLIVEIRA, D.E. de; COSTA, L.M. Qualidade fisiológica das sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem em diferentes condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, 2015.

VIEIRA, B.G.T.L.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B. Alternative procedure for the cold test for soybean seeds. **Scientia Agricola**, v.67, n.5, p.540-545, 2010.

VISENTAINER, J.V.; FRANCO, M.R.B. **Ácidos graxos em óleos e gorduras: identificação e quantificação**. São Paulo: Varela, 2006, 120p.

ZAMBIAZI, R.Z. Oxidation reactions of vegetable oils and fats. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.33, n.1, p.1-7, 1999.