



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO**  
**CAMPUS IPORÁ**

## **BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**DIFUSÃO LÍQUIDA EFETIVA DURANTE A SECAGEM DE  
GRÃOS DE SOJA EM DIFERENTES TEMPERATURAS E  
TEORES DE ÁGUA**

**LUÍS CARLOS PAZELI DESTRO**

**Iporá, GO**  
**2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS IPORÁ**

**BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**Difusão líquida efetiva durante a secagem de grãos de soja em  
diferentes temperaturas e teores de água**

**LUÍS CARLOS PAZELI DESTRO**

Trabalho de Curso apresentado ao  
Instituto Federal Goiano – Câmpus Iporá,  
como requisito parcial para a obtenção do  
Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Drº Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

Iporá – GO

Novembro, 2024

DESTRO, Luís Carlos Pazeli

Difusão líquida efetiva durante a secagem de grãos de soja em diferentes temperaturas e teores de água / Luís Carlos Pazeli Destro. - 2024.

B333r

Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira.

Trabalho de Curso (Graduação em Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Iporá. 2024.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Declaração nº 584/2024 - GE-IP/CMPIPR/IFGOIANO

**LUÍS CARLOS PAZELI DESTRO**

**DIFUSÃO LÍQUIDA EFETIVA DURANTE A SECAGEM DE GRÃOS  
DE SOJA EM DIFERENTES TEMPERATURAS E TEORES DE ÁGUA**

Trabalho de Curso defendido e aprovado em **14 / 11 / 2024** pela banca examinadora constituída pelos

membros:

\_\_\_\_\_  
DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA

\_\_\_\_\_  
ESTENIO MOREIRA ALVES  
Documento assinado eletronicamente  
gov.br WAGNER NUNES RIBEIRO  
Data: 19/11/2024 16:04:05 -0300  
Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>

\_\_\_\_\_  
WAGNER NUNES RIBEIRO

Iporá-GO, 14 de NOVEMBRO de 2024.

*(Assinatura dos membros da banca)*

Documento assinado eletronicamente por:

- Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 19/11/2024 13:48:57.
- Estenio Moreira Alves, ENGENHEIRO AGRONOMO, em 19/11/2024 13:59:54.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/11/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 652648  
Código de Autenticação: 95996c888c



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Iporá

Av. Oeste, Parque União, 350, Parque União, IPORÁ / GO, CEP 76.200-000

(64) 3674-0400

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

LUÍS CARLOS PAZELI DESTRO

Matrícula:

2015105200240312

Título do trabalho:

DIFUSÃO LÍQUIDA EFETIVA DURANTE A SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA EM DIFERENTES  
TEMPERATURAS E TEORES DE ÁGUA

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 20 / 12 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.



Documento assinado digitalmente  
LUIS CARLOS PAZELI DESTRO  
Data: 20/12/2024 15:41:26-0300  
Verifique em <https://validar.if.gov.br>

MANHUAÇU - MG  
Local

20 / 12 / 2024  
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente  
DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA  
Data: 20/12/2024 15:27:01-0300  
Verifique em <https://validar.if.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 90/2024 - GE-IP/CMPIPR/IFGOIANO

#### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

No dia 14 do mês de NOVENBRO do ano de dois mil e vinte e quatro, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do acadêmico LUÍS CARLOS PAZELI DESTRO, do Curso de Bacharelado em Agronomia, matrícula 2015105200240312, cuja monografia intitula-se "DIFUSÃO LÍQUIDA EFETIVA DURANTE A SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA EM DIFERENTES TEMPERATURAS E TEORES DE ÁGUA. A defesa iniciou-se às 19:00 h, finalizando-se às 19:55. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 9,17 no trabalho escrito, média 9,47 no trabalho oral apresentando assim, média aritmética final de **9,32 pontos**, estando APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) acadêmico(a) deverá fazer a entrega da versão final corrigida em formato digital (Word e PDF) ao Coordenador de TC, acompanhado do termo de autorização para publicação eletrônica (devidamente assinado pelo autor), para posterior inserção no Sistema de Gerenciamento do Acervo e acesso ao usuário via internet. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA  
(Presidente da Banca)

Documento assinado digitalmente  
 WAGNER NUNES RIBEIRO  
Data: 19/11/2024 14:04:00-0160  
Verifique em <https://sistemas.gov.br>

WAGNER NUNES RIBEIRO  
(Banca Examinadora)

ESTÊNIO MOREIRA ALVES  
(Banca Examinadora)

Documento assinado eletronicamente por:

- Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 19/11/2024 13:46:35.
- Estenio Moreira Alves, ENGENHEIRO AGRONOMO, em 19/11/2024 13:59:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/11/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 652644  
Código de Autenticação: c65d5f8a0e



## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que me acompanhou durante esse percurso e que me incentivou na realização dessa conquista dando apoio, compreensão, paciência e amor.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois sabemos que está presente em minha vida em todos os momentos.

Ao meu orientador professor Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira por ter aceitado conduzir o meu trabalho de pesquisa, pela paciência e dedicação, meus sinceros agradecimentos. Também agradeço aos professores do Instituto Federal Goiano pela excelência da qualidade técnica de cada um e pelo incentivo para que eu continuasse até o fim.

Agradeço aos meus pais Marlene e Paulinho que sempre estiveram do meu lado, dando apoio, compreensão e por acreditarem que a conquista desse sonho seria possível. A meus irmãos Vanessa, que lutou por mim até o fim, Leidiane, Nathalia, Victor e André (in memoriam) que também foram muito importantes durante o processo.

Agradeço aos amigos Kássio, Manfrinne, Samuel que durante todos esses anos estiveram ao meu lado nos momentos felizes e também nos difíceis, me acolhendo como família em uma terra tão distante.

Por último, agradeço a minha companheira Gabriella, que na reta final me iluminou e bateu firme para que eu conquistasse mais esse objetivo, que incondicionalmente me incentivou, lutou e acreditou em mim.

DESTRO, Luís Carlos Pazeli. **Difusão líquida efetiva durante a secagem de grãos de soja em diferentes temperaturas e teores de água.** 2024. 23p Monografia (Curso de Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Iporá, Iporá, GO, 2024.

**Resumo:** A soja (*Glycine max*) pertencente à família Fabaceae (leguminosas) representa uma produção elevada de grãos e se destaca nas *commodities* agrícolas. O processo mais utilizado para assegurar a qualidade e estabilidade dos produtos vegetais pós-colheita é a secagem. Portanto, o objetivo deste estudo é determinar a difusividade efetiva da água e a energia de ativação em grãos de soja durante a secagem em diferentes temperaturas e teores de água iniciais. Os grãos (cultivar Intacta RR2) foram colhidos com teor de água inicial de  $(0,233 \pm 0,006$  base seca). Assim o coeficiente de difusão efetivo foi determinado a partir dos diferentes teores de água iniciais de, aproximadamente, 0,233; 0,206 e 0,193 (base seca). Os grãos com diferentes teores de água foram submetidos à secagem em estufa com ventilação de ar forçada nas quatro condições de temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C, em bandejas de aço inox de 25 cm de diâmetro. Para descrever a difusão líquida, foi utilizado o modelo da forma geométrica esférica, com aproximação de oito termos. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, seguindo o esquema fatorial 3 x 4 (3 teores de água x 4 temperaturas de secagem), em três repetições. Conclui-se que a difusividade dos grãos de soja aumenta para uma mesma temperatura de secagem como incremento do teor de água inicial dos grãos.

**Palavras-chave:** Leguminosas, bulbo seco, commodities, grãos, energia de ativação, Arrhenius, temperatura.

### **Effective liquid diffusion during drying of soybeans at different temperatures and water contents**

**Abstract:** Soybeans (*Glycine max*) belonging to the Fabaceae (leguminous) family represent a high production and stand out among agricultural commodities. The most used process to ensure the quality and stability of post-harvest vegetable products is drying. Therefore, the objective of this study is to determine the effective water diffusivity and activation energy in soybeans during drying at different temperatures and initial moisture contents. The grains (cultivar Intacta RR2) were harvested with initial moisture content of  $(0.233 \pm 0.006$  dry basis, db). Thus the effective diffusion coefficient was determined from the different initial moisture contents of approximately 0.233; 0.206 and 0.193 (db). The grains with different moisture

contents were submitted to drying in an oven with forced air ventilation in the four temperature conditions of 40, 60, 80 and 100 °C, in stainless steel trays of 25 cm diameter. To describe the liquid diffusion, the spherical geometric shape model with an eight-term approximation was used. The experiment was conducted in an entirely randomized design, following a 3 x 4 factorial scheme (3 moisture content x 4 drying temperatures), with three repetitions. It is concluded that the diffusivity of soybeans increases for the same drying temperature as an increment in the initial moisture content of the grains.

**Keywords:** leguminous, Dry Bulb, commodities Grains, activation energy, Arrhenius, temperature.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>19</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>24</b>

## INTRODUÇÃO

Os recursos agrícolas como sabemos, é responsável por grande parte do PIB brasileiro, e mantém uma boa fatia de mercado da alimentação dos comércios internacionais, causando grande dependência de outros países, sobre os nossos recursos. Percebe-se cada vez mais a importância do agronegócio na economia mundial. Atualmente o nosso país, continua a ser referência na exportação das principais *commodities* mundiais, com recordes de produção e exportação, e grande responsável na cadeia alimentar de várias nações, sendo tratado como celeiro do mundo. Dentre essas commodities, destaca-se a Soja (*Glycine max*).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta que tem como origem o nordeste da China (entre 45 e 50° N). Latitude que, nas Américas, corresponde no sul à Patagônia e, no Hemisfério Norte, ao norte dos Estados Unidos da América e sul do Canadá (SBPC,2018). pertencente à família Fabaceae (leguminosas). É uma cultura de grande destaque no cenário mundial de commodities agrícolas, representando uma produção de 395,91 milhões de toneladas e com área plantada de 138,52 milhões de hectares (EMBRAPA, 2024). No Brasil, ela desempenha um papel importante nas exportações, sendo responsável por abastecer mercados alimentares internos e mercados alimentares mundiais. De acordo com o levantamento sistemático da produção agrícola do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a produção já atingiu 144.495.831 toneladas até o mês de outubro, tendo um decréscimo de 4,9% comparando com o período de 2023, que foi de 151.963.045 de toneladas (IBGE, 2024).

Em área plantada no Brasil até o momento, ela representa 45,98 milhões de Hectares com redução de 7,23 milhões de toneladas em relação ao período anterior de 2022/2023. Tendo destaque para o Mato Grosso, maior Estado produtor do grão, representando 39,34 milhões de toneladas, quebra de 15,7% se comparar na safra 22/23 (CONAB, 2024).

O aumento do consumo de derivados da soja e a demanda dos consumidores por qualidade, têm comprovado a importância da realização de pesquisas sobre secagem e armazenamento de grãos, a fim de buscar produtos com alto valor comercial e manter suas características originais.

Nos últimos anos, as produções de alimentos têm enfrentado uma enorme pressão para aumentar a produtividade, as práticas culturais, processamento e armazenamento estão evoluindo em um ritmo acelerado. Para acompanhar essas demandas, os produtores têm que se adequar e melhorar os processos produtivos introduzindo melhorias nos fatores de maior importância na cultura (práticas culturais e condições climáticas) que irá incidir na

produtividade. Entretanto, para se mantenha essa qualidade do produto, também deverá ocorrer investimentos por meios de secagens e armazenamento, a fim de retirar a umidade dos grãos e manter assim um armazenamento com menor atividade metabólica, com um período de tempo de armazenamento maior.

É de grande importância saber as temperaturas corretas para cada cultura nas secagens, a fim que não ocorra problemas maiores nos grãos, podendo também servir como um inoculador de problemas futuros, quando não executada corretamente. As agressões térmicas quando a temperatura está fora do ideal, poderão resultar em problemas físicos nos grãos, como elevação de estresses, ocasionando quebras e trincas que trará desagregação de valor e qualidade no produto. Segundo Schultz et al. (2014), a umidade do grão é mais influenciadora do que outros fatores (incluindo temperatura). A umidade relativa do ar e a temperatura ambiente também têm grande autoridade na qualidade final do produto.

Entre os diversos apontadores utilizados para aferir a cinética de secagem de produtos agrícolas, o coeficiente de difusão é um dos indicadores com maior sucesso. Este indicador pode avaliar e comparar a velocidade de secagem de produtos de diferentes tamanhos, formatos e texturas discrepantes. Além disso, analisando a dependência do coeficiente de difusão com a temperatura, alguns indicadores termodinâmicos podem ser determinados, para que a análise energética do processo de secagem possa ser realizada (HOSCHER, 2016).

A linearidade do grau de difusão com a temperatura do ar de secagem, prevê que o ar de secagem controla todo o método de difusão da água. A consequência contrária sugere uma possível influência das condições externas de secagem

## **REVISÃO DE LITERATURA**

A soja é uma das culturas mais importantes da economia mundial, atuando como uma das principais commodities de consumo. Seus grãos são amplamente utilizados na indústria agrícola (produção de óleo vegetal e ração animal), indústria química e alimentícia. Recentemente, o uso como fonte alternativa de biocombustíveis também aumentou consideravelmente (SANTOS, 2013).

O aumento substancial da produção mundial de soja pode ser atribuído a vários fatores e devem ser mencionados entre eles: Alto teor de óleo (em Cerca de 20%) e proteína (cerca de 40%). E com isso encontraram boa qualidade inerente atribuída aos grãos. Por se tratar de uma commodity padronizada e uniforme, pode ser produzida e comercializada por produtores de diversos países, com elevada liquidez e demanda, sendo muito mais importante nas últimas décadas. Ocasionalmente um aumento expressivo da oferta de tecnologia de produção,

aumentando significativamente a área de plantio e a produtividade das oleaginosas. (LAZZAROTTO e HIRAKURI, 2010).

Nas últimas décadas, a produção brasileira de soja tem mostrado um grande avanço, e não somente impulsionado apenas pelo aumento da área de plantio, mas também em outros fatores como a exponencialidade de crescimento populacional, forçando maiores investimentos em pesquisas para aumento de produtividade, como a aplicação de técnicas avançadas de gestão.

E complementando com essa extensa alta na produção, uma das grandes contribuições é a implantação do MIP (manejo integrado de pragas), fazendo que se tenha um maior controle sobre a cultura, conseguindo acompanhar o ciclo de ataques de pragas, que causam danos recorrentes, causando perdas econômicas na cultura. Com essa revolução de técnicas de controle das principais doenças já atingiam as plantações, a partir da década de 90 já percebemos grandes avanços na manutenção das lavouras, o que foi consequência do uso de fungicidas. O que foi impulsionado esses ganhos produtivos, através de pesquisas de melhoramento genético para tratamento de sementes e implantação das mesmas (FREITAS, 2011).

A pesquisa sobre as propriedades físicas dos produtos agrícolas e seus fatores influenciadores é de grande relevância para a avaliação e tomada de decisão das operações de colheita e pós-colheita, bem como para a otimização dos processos agroindustriais (BOTELHO et al., 2015).

O principal objetivo da secagem é retirar a umidade de um determinado material na forma de vapor para formar uma fase gasosa insaturada, prolongando assim sua vida útil (FERREIRA & PENA, 2010). E A utilização desse processo reduz o teor de água para um nível de armazenamento seguro, pois envolve a transferência de calor e massa, afetando a atividade biológica e a estrutura química e física da semente, dependendo das condições e métodos de secagem utilizados. (RESENDE et al., 2010).

A secagem é o processo mais utilizado para garantir a qualidade e estabilidade dos grãos e sementes durante o armazenamento. A redução do teor de umidade do grão reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o período de pós-colheita. A preservação a seco baseia-se no fato de que as atividades de microrganismos, enzimas e todo o mecanismo metabólico requerem água. Ao reduzir a quantidade de água disponível para armazenamento a um nível seguro, a atividade da água, a taxa de reações químicas no produto e o desenvolvimento de microrganismos são reduzidos. (GONELI et al., 2007).

O conhecimento das características termodinâmicas no processo de secagem é uma importante fonte de dados para projetar equipamentos, calcular a energia necessária para o processo, examinar as propriedades da água adsorvida, aferir a microestrutura dos alimentos e observar os fenômenos físicos que ocorrem na superfície dos mesmos (CORRÊA et al., 2012).

Com o modelo da matemática da cinética de secagem, pode-se descrever o comportamento da transferência de massa entre o produto e o dessecante, o que ajuda a fornecer elementos sobre seu desempenho no processo e desperta o interesse de pesquisadores nos mais diversos tipos de materiais. (SANTOS et al., 2017).

Como o proposto de Jordan et al. (2020), a modelagem matemática e o conhecimento experimental dos produtos no processo de desidratação são aspectos importantes, pois essas informações são utilizadas para aprimorar ou projetar novos sistemas de secagem e, ainda, controlar melhor o processo. E de acordo com Santos (2009), com o maior avanço da globalização nos mercados, as tecnologias agrícolas referentes a secagem, tem uma demanda mais rigorosa para que se tenha um maior aproveitamento do produto.

O modelo da difusão é o mais estudado entre os modelos teóricos aplicados ao processo de secagem de produtos agrícolas. Uma vez que esses modelos baseados na segunda lei de Fick não podem representar estritamente os diferentes mecanismos que prevalecem no transporte aquático de produtos agrícolas, o coeficiente de difusão determinado é considerado óbvio ou eficaz (MORAIS et al., 2013). O modelo é aplicado ao processo de secagem de sólidos em desaceleração. O principal mecanismo é da segunda lei de Fick, descreve que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água. (MARTINAZZO et al., 2007).

A difusão de produtos agrícolas no processo de secagem é um processo complexo que pode envolver diversos mecanismos, como difusão molecular, difusão capilar, difusão superficial, fluxo hidrodinâmico, difusão de vapor e difusão térmica Goneli et al. (2009). E como afirma Alves et al. (2013) quanto menor o número de barreiras físicas, maior será a difusão de líquidos.

E com essa maior difusão ocorre o aumento da temperatura do ar de secagem o nível de agitação das moléculas de água é elevado, resultando em modificações na difusão da água nos capilares da folha, favorecendo a locomoção deste líquido no produto (GONELI, 2008). Entre os diferentes indicadores utilizados para avaliar a cinética de secagem de produtos agrícolas, o coeficiente de difusão é um dos indicadores mais importantes. Este indicador pode avaliar e comparar a velocidade de secagem de produtos de diferentes tamanhos, formatos e texturas (BOTELHO, 2018).

Ao analisar a dependência do coeficiente de difusão com a temperatura, alguns indicadores termodinâmicos podem ser determinados, para que a análise de energia possa ser realizada no processo de secagem (SILVA, 2019).

Usando o modelo de difusão, as principais propriedades termodinâmicas envolvidas no processo de secagem, como entalpia, entropia e energia livre de Gibbs, podem ser determinadas. A mudança de entalpia fornece uma medida da mudança de energia que ocorre na interação entre as moléculas de água e os componentes do produto durante o processo de adsorção. A entropia pode estar relacionada à combinação ou repulsão de forças no sistema e está relacionada ao arranjo espacial da relação água-produto. Portanto, a entropia caracteriza ou define o grau de ordem ou desordem no sistema de produtos aquáticos. (OLIVEIRA et al., 2013)

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Colheita e Processamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Iporá. Os grãos de soja (*Glycine max*, cultivar Intacta RR2) foram colhidos manualmente, no município de Montes Claros de Goiás (GO), com teor de água inicial de  $(0,233 \pm 0,006$  base seca, b.s.). Para o beneficiamento dos grãos foram utilizadas peneiras para pré-limpeza e homogeneizador.

A partir do teor de água inicial dos grãos foram obtidos mais dois teores de água em estufa com temperatura de secagem de 40 °C, conhecendo-se o teor de água inicial, acompanhando-se a redução por gravimetria, obteve-se os teores de água estipulados de  $0,206 \pm 0,004$  e  $0,193 \pm 0,005$  (b.s.). Assim o coeficiente de difusão efetivo foi determinado a partir dos diferentes teores de água iniciais de, aproximadamente, 0,233; 0,206 e 0,193 (b.s.). Os grãos com diferentes teores de água foram submetidos à secagem em estufa com ventilação de ar forçada nas quatro condições de temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C, em bandejas de aço inox de 25 cm de diâmetro, perfazendo uma camada de 1 cm contendo em cada bandeja 0,15 kg de amostra de grãos. A temperatura média do ar ambiente foi  $27,1 \pm 1,1$  °C e a umidade relativa de  $54,6 \pm 4,2\%$  durante todo o período de secagem. As umidades relativas internas foram: 0,233 b.s. (24,1; 9,13; 3,67 e 1,61%), 0,206 b.s. (28,35; 10,15; 4,38 e 2,17%) e 0,193 b.s. (27,46; 9,97; 4,30 e 2,07%), para as temperaturas 40, 60, 80 e 100 °C, respectivamente.

O processo de secagem foi interrompido quando os grãos de soja atingiram os teores de água final de  $0,148 \pm 0,007$  b.s., para as temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C, determinado em estufa a  $105 \pm 1$  °C, durante 24 horas, em três repetições (BRASIL, 2009), com adaptações.

Para a determinação das razões de teor de água da soja durante a secagem utilizou-se a seguinte expressão:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

em que:

RX: razão de teor de água;

X: teor de água do produto (b.s.);

X<sub>i</sub>: teor de água inicial do produto (b.s.);

X<sub>e</sub>: teor de água de equilíbrio do produto (b.s.).

Ao longo da secagem foi acompanhada a redução do teor de água pelo método gravimétrico (perda de massa), com auxílio de uma balança analítica com resolução de 0,01 g, conhecendo-se o teor de água inicial do produto, até atingir o teor de água desejado.

Para descrever a difusão líquida, foi utilizado o modelo da forma geométrica esférica, com aproximação de oito termos (Afonso Júnior & Corrêa, 1999), de acordo com a seguinte expressão:

$$RX = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left[-\frac{n^2 \cdot \pi^2 \cdot D \cdot t}{r}\right] \quad (2)$$

em que:

n: número de termos;

D: coeficiente de difusão líquida, m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>;

r: raio equivalente, m.

Os raios equivalentes dos grãos de soja foram determinados pela seguinte expressão:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V_g}{4 \cdot \pi}} \quad (3)$$

em que:

V<sub>g</sub>: volume dos grãos, m<sup>3</sup>.

O volume de cada grão da soja (V<sub>g</sub>) foi obtido pela medição dos três eixos ortogonais (comprimento, largura e espessura), em quinze unidades, no final da secagem, com auxílio de um paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm, de acordo com a seguinte expressão:

$$V_g = \frac{\pi \cdot a \cdot b \cdot c}{6} \quad (4)$$

em que:

a: comprimento (0,00699±0,00051), m;

b: largura (0,00589±0,00030), m;

c: espessura (0,00473±0,00035), m.

A relação entre o coeficiente de difusão efetivo e a elevação da temperatura do ar de secagem foi descrita pela equação de Arrhenius:

$$D = D_o \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{R \cdot T_{abs}}\right) \quad (5)$$

em que:

$D_o$ : fator pré-exponencial;

$E_a$ : energia de ativação, kJ mol<sup>-1</sup>;

$R$ : constante universal dos gases, 8,134 kJ kmol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>;

$T_{abs}$ : temperatura absoluta, K.

Os coeficientes da expressão de Arrhenius podem ser facilmente obtidos linearizando a equação 6 com aplicação do logaritmo na seguinte forma:

$$\ln D = \ln D_o - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T_{abs}} \quad (6)$$

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, seguindo o esquema fatorial 3 x 4 (3 teores de água x 4 temperaturas de secagem), em três repetições. Os dados de coeficiente de difusão foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando software estatístico SISVAR<sup>®</sup> (Ferreira, 2011). Os modelos foram selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste de “t”, adotando-se o nível de 5% de significância, no coeficiente de determinação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão as curvas de secagem de grãos de soja para as temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C, com diferentes teores de água iniciais de 0,233; 0,206 e 0,193 (b.s.).

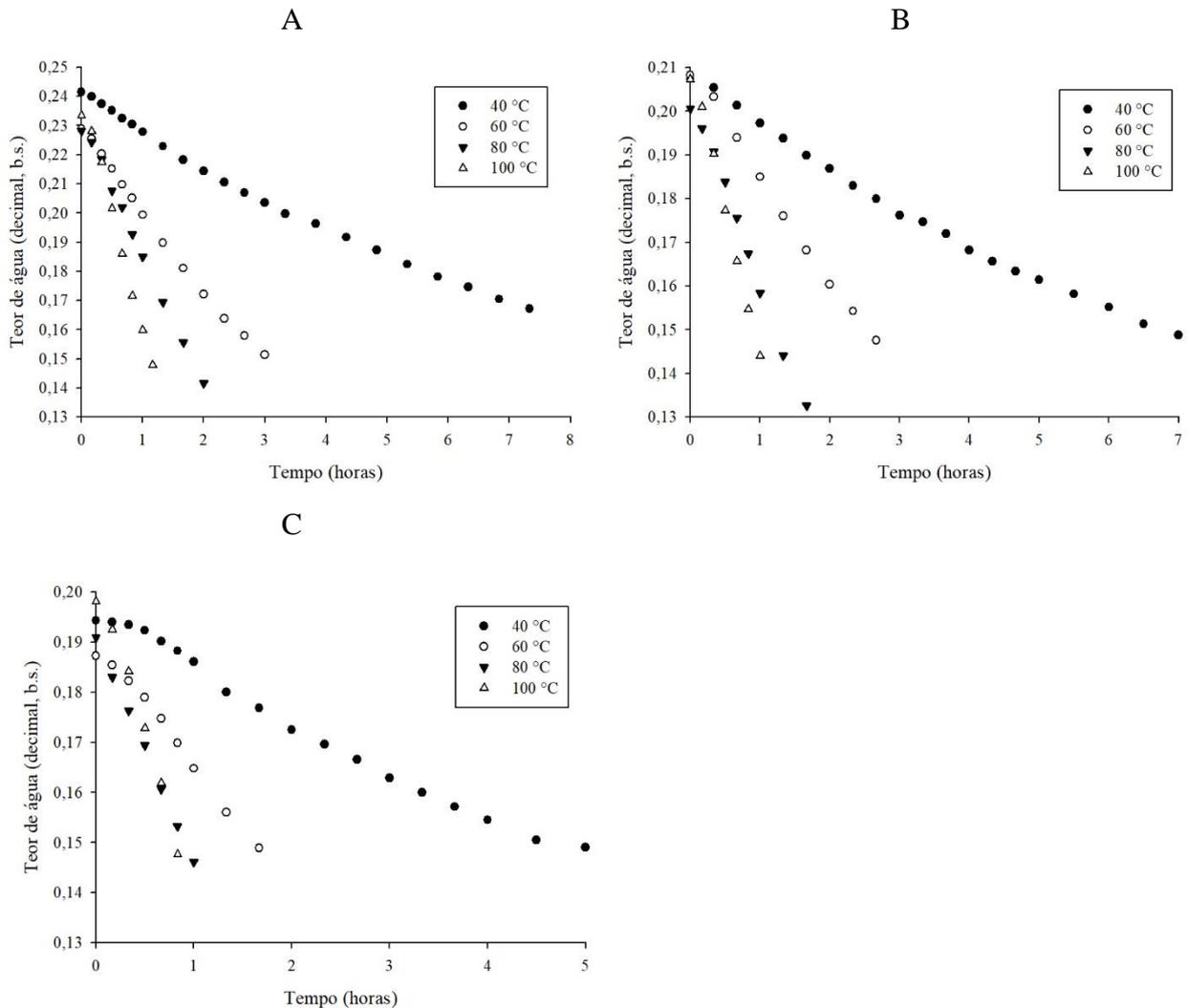


Figura 1. Teores de água de soja (*Glycine max*) ao longo da secagem para diferentes teores de água inicial (A) 0,233 b.s., (B) 0,206 b.s. e (C) 0,193 b.s..

Nota-se que à medida que a temperatura aumenta o tempo de secagem diminui, e os teores de água iniciais mais altos necessitam maior tempo de secagem em relação aos teores menores para atingir o teor de água de  $0,148 \pm 0,007$  b.s.. Esse fenômeno ocorre devido ao aumento da energia disponível, que facilita a vaporização da água e eleva o coeficiente de transferência de massa conforme a temperatura do ar de secagem aumenta. Isso demonstra que a secagem dos grãos de soja segue um comportamento semelhante ao observado

em muitos produtos agrícolas, conforme apontado por diversos estudos (Coradi et al., 2016; Silva et al., 2023; Li et al., 2024).

Na Tabela 1, pode se observar o tempo necessário para que ocorresse a secagem em cada temperatura e teor de água inicial, até atingirem teores de água final de  $0,148 \pm 0,007$  b.s.. Observa-se que o tempo de secagem é inversamente proporcional ao aumento do teor de água inicial e ao aumento da temperatura de secagem.

Tabela 1. Tempo (horas) necessário para o processo de secagem dos grãos de soja (*Glycine max*) até atingir o teor de água de 0,148 (b.s.) nas diferentes condições.

Temperatura (°C)	Teor de água inicial (b.s.)		
	0,233	0,206	0,193
40	7,33	7,00	5,00
60	3,00	2,67	1,67
80	2,00	1,67	1,00
100	1,17	1,00	0,83

A difusividade dos grãos de soja aumenta para uma mesma temperatura de secagem conforme ocorre o aumento do teor de água inicial dos grãos (Figura 2). Para cada 1 °C de aumento na temperatura ocorre a elevação de 0,0223; 0,0140 e 0,0128  $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$  no coeficiente de difusão efetivo, para os teores de água 0,233; 0,206 e 0,193 (b.s.) (Figura 2). Esses valores representam a taxa de incremento do coeficiente de difusão com o aumento da temperatura para cada teor de água inicial, facilitando a compreensão.

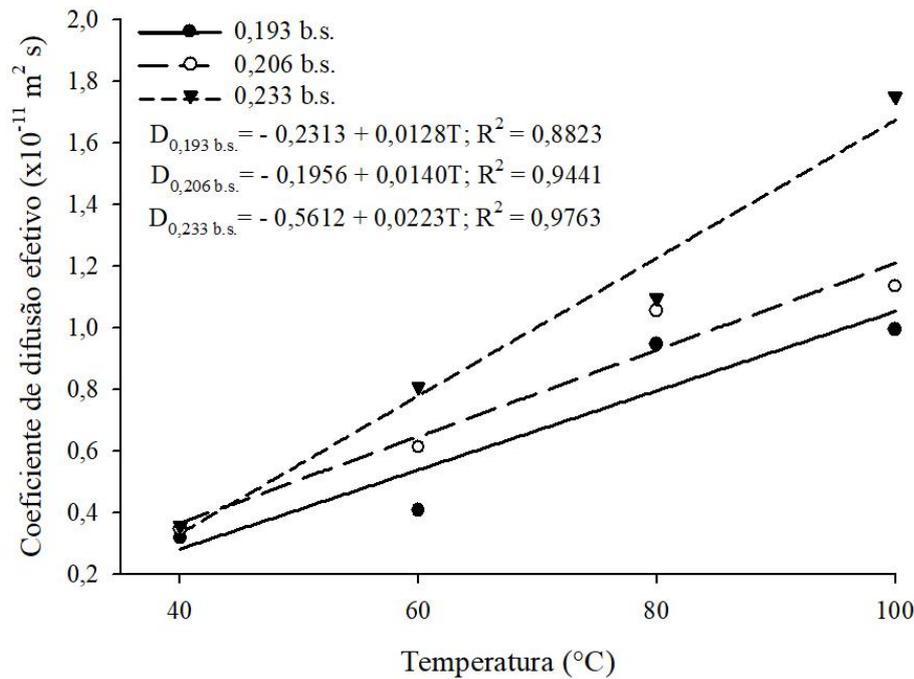


Figura 2. Valores do coeficiente de difusão efetivo ( $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) obtidos para a secagem dos grãos de soja (*Glycine max*) em diferentes temperaturas e teores de água iniciais.

Nota-se um comportamento linear crescente, entre os diferentes teores de água para as temperaturas de secagem, em que os valores variaram na faixa de teor de água de 0,233 a 0,193 b.s., de  $0,319 \times 10^{-11}$  a  $0,357 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ;  $0,41 \times 10^{-11}$  a  $0,809 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ;  $0,947 \times 10^{-11}$  a  $1,097 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  e  $0,996 \times 10^{-11}$  a  $1,75 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente, para as temperaturas de 40; 60; 80 e 100 °C. Goneli et al. (2009), estudando a cinética de secagem dos grãos de café descascado, ressaltam que o aumento na temperatura do ar de secagem provoca uma alteração da viscosidade da água, resultando em alterações na difusão nos capilares dos grãos, favorecendo a movimentação da água no produto. Corroborando com os resultados obtidos para a secagem dos grãos de soja em que o aumento da temperatura, independente do teor de água inicial, nota-se um aumento no coeficiente de difusão efetivo.

Madamba et al. (1996) ressaltam que o coeficiente de difusão efetivo se apresenta na ordem de  $10^{-9}$  a  $10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , desta forma, os resultados estão coerentes com os relatados na literatura para secagem de produtos agrícolas.

A difusividade dos grãos de soja aumenta para um mesmo teor de água inicial conforme ocorre o aumento a temperatura de secagem (Figura 2). A redução do teor de água provoca o decréscimo da resistência do fluido, afetando positivamente a secagem (Silva et al., 2019).

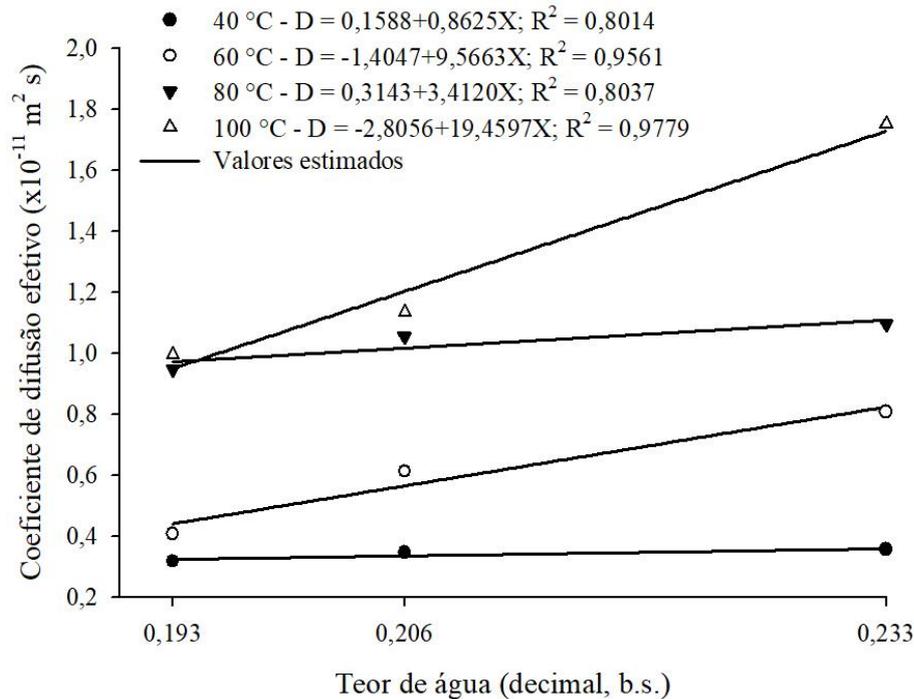


Figura 3. Valores do coeficiente de difusão efetivo ( $m^2 s^{-1}$ ) obtidos para a secagem dos grãos de soja (*Glycine max*) em diferentes teores de água iniciais e temperaturas de secagem.

Para a temperatura de secagem de 40 °C, verificou-se menor variação nos valores do coeficiente de difusão, enquanto para a temperatura de 100 °C observou-se a maior variação. Sendo para a temperatura de 40 °C foi de  $0,319 \times 10^{-11}$ ;  $0,346 \times 10^{-11}$  e  $0,357 \times 10^{-11}$ , para os teores de água de 0,193; 0,206 e 0,233 b.s., respectivamente. E para a temperatura de 100 °C de  $0,996 \times 10^{-11}$ ;  $1,135 \times 10^{-11}$  e  $1,750 \times 10^{-11}$ , para os teores de água de 0,193; 0,206 e 0,233 b.s., respectivamente. Corroborando com os resultados obtidos por Silva et al. (2019), estudando a cinética de secagem dos grãos de sorgo.

Os valores do coeficiente de difusão efetivo dos grãos de soja aumentaram linearmente com a elevação da temperatura corroborando aos resultados relatados por: Coradi et al. (2016b), para grãos de soja; Oliveira et al. (2015) sementes de abóbora e Quequeto et al. (2019) sementes de noni.

A variação do coeficiente de difusão efetivo pode ser explicada pela elevação da temperatura, que intensifica a vibração das moléculas de água, favorecendo a difusão mais rápida (Goneli et al., 2007). Em contrapartida, em temperaturas mais baixas, a menor vibração das moléculas aumenta a resistência à transferência de massa, dificultando a saída da água em alta velocidade. O teor de água presente no produto também exerce influência sobre o nível de vibração das moléculas. Quanto maior a quantidade de água disponível, maior será a vibração

molecular, o que leva a um aumento da taxa de secagem em virtude da maior difusividade (Silva et al., 2019).

O coeficiente de difusão efetivo dos grãos de soja com relação à temperatura do ar de secagem foi representado pela expressão de Arrhenius (Figura 4). Sendo a energia de ativação calculada da reta de 24,821; 20,177 e 20,733 kJ mol<sup>-1</sup> para os teores de água iniciais de 0,233; 0,206 e 0,193 b.s., respectivamente. Gely e Giner (2007), ao estudarem a secagem da soja, determinaram a energia de ativação em dois intervalos de temperatura. Para valores acima de 50 °C, a energia de ativação foi de 28,80 kJ mol<sup>-1</sup>, enquanto para temperaturas inferiores a 50 °C, esse valor foi de 16,60 kJ mol<sup>-1</sup>. Corroborando com os valores obtidos neste trabalho.

Zogzas et al. (1996) indicam que a energia de ativação para produtos agrícolas varia entre 12,7 a 110 kJ mol<sup>-1</sup>, estando a energia de ativação encontrada para os diferentes teores de água iniciais dos grãos de soja neste intervalo. A energia de ativação no processo de secagem está diretamente ligada à difusividade, pois corresponde à quantidade de energia necessária para promover a transformação física da água livre em vapor (Corrêa et al., 2010). Esse fenômeno reflete a relação entre a temperatura e a facilidade com que a água é removida do produto durante a secagem.

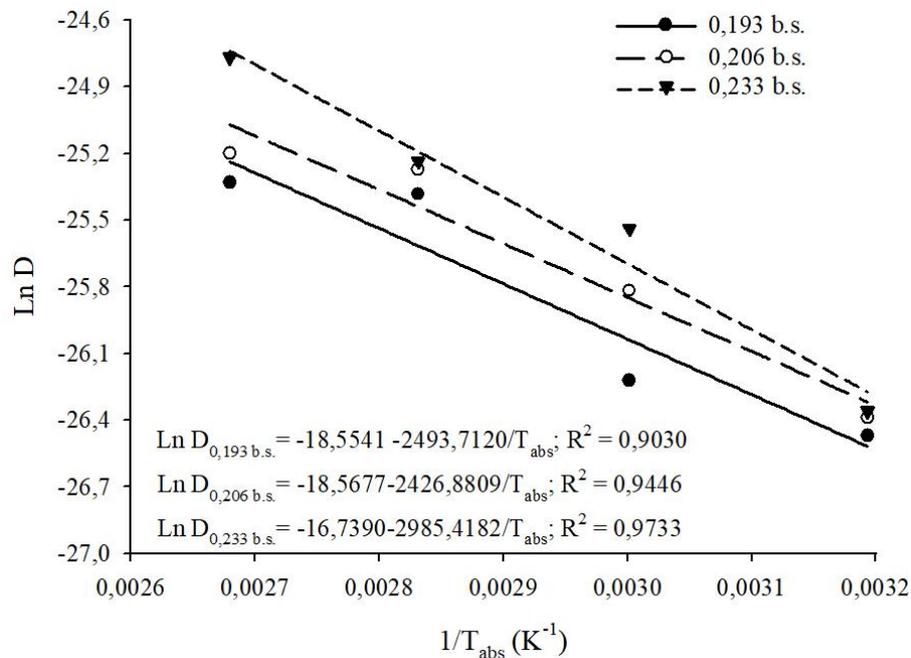


Figura 4. Representação de Arrhenius para o coeficiente de difusão efetivo em função da temperatura (40, 60, 80 e 100 °C) do ar de secagem de grãos de soja (*Glycine max*) em diferentes teores de água inicial.

Observa-se que com o aumento do teor de água inicial dos grãos de soja ocorre um aumento na energia de ativação. Silva et al. (2019), trabalhando com secagem de grãos de sorgo da cultivar Dekalb 640 em quatro teores de água inicial (0,49; 0,40; 0,31 e 0,23 decimal b.s.) e quatro temperaturas de secagem (40, 60, 80 e 100 °C), observaram que a energia de ativação foi maior para grãos de sorgo com maior teor de água inicial, com valores variando de 27,32 a 20,94 kJ mol<sup>-1</sup>. Gely e Giner (2007) destacam que, com o aumento da energia de ativação, há uma alta mobilidade molecular. Esse fenômeno também se aplica à secagem dos grãos de soja em diferentes teores de água. Os grãos com maior teor de água apresentam uma de mobilidade da água mais elevada, o que resulta em maior difusividade e, conseqüentemente, em uma maior energia de ativação necessária para o processo de secagem.

### CONCLUSÕES

Conclui-se que a difusividade dos grãos de soja aumenta para uma mesma temperatura de secagem como incremento do teor de água inicial dos grãos.

A difusividade efetiva dos grãos de soja aumenta para uma mesma temperatura de secagem conforme ocorre o aumento do teor de água inicial dos grãos.

A energia de ativação foi maior para grãos de soja com maior teor de água inicial, sendo de 24,821; 20,177 e 20,733 kJ mol<sup>-1</sup> para os teores de água iniciais de 0,233; 0,206 e 0,193 decimal (base seca), respectivamente.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.L.J.; SANTOS, N.C.; PEREIRA, T.S.; QUEIROGA, A.P.R.; SILVA, V.M.A.; RIBEIRO, V.H.A.; ARAUJO, R.D.A.; CABRAL, M.B.; SILVA, R.L.I.; BORGES, E.M.E.S. Cinética de secagem do feijão azuki: modelagem matemática e propriedades termodinâmicas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, ISSN 2525-3409, 2019.

ALVES, G.E.; ISQUIERDO, E.P.; BORÉM, F.M.; SIQUEIRA, V.C.; OLIVEIRA, P.D.; ANDRADE, E.T., CINÉTICA DE SECAGEM DE CAFÉ NATURAL PARA DIFERENTES TEMPERATURAS E BAIXA UMIDADE RELATIVA. **Coffee Science, Lavras**, v. 8, n. 2, p. 238-247, abr./jun. 2013.

BOTELHO, F.M.; GRANELLA, S.J.; BOTELHO, S.C.C.; GARCIA, T.R.B. Influência da temperatura sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. **REVENG, Revista Engenharia na agricultura**, V.23, N.3, Viçosa – Mg, 2015.

BOTELHO, F.M.; HOSCHER, R.H.; HAUTH, M.R.; BOTELHO, S.C.C.; CINÉTICA DE SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA: INFLUÊNCIA VARIETAL. **Revista Engenharia na Agricultura**. V.26, n.01, p.13-25, 2018.

Brasil, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Regras para Análise de Sementes. Brasília: MAPA, 2009. 395p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Boletim da safra de grãos. Acompanhamento de safra Brasileira – Grãos – safra 23/24 – último levantamento da safra 2023/2024 . Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos-298-41-milhoes-de-toneladas>> acesso em: 11 nov 2024.

CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, G.H.H.; BOTELHO, F.M.; GONELI, A.L.D.; CARVALHO, F.M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 57, n.5, p. 595-601, set/out, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Soja em números (safra 2023/24). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 11 nov. 2024.

FERREIRA, M. F. P.; PENA, R.S.; Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, ISSN 1517-8595. Campina Grande, v.12, n.1, p.15-28, 2010.

FREITAS, M.C.M.; A CULTURA DA SOJA NO BRASIL: O CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA E O SURGIMENTO DE UMA NOVA FRONTEIRA AGRÍCOLA. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

GONELI, A.D.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; NETO, S.A.R. Estudo da difusão de umidade em grãos de trigo durante a secagem. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos Brasil**, vol. 27, núm. 1, enero-marzo, pp. 135-140, 2007.

GONELI, A.L.D.; Variação das propriedades físico mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento. Universidade Federal de Viçosa, 2008

GONELI, AL.D.; CORRÊA, P.C.; JUNIOR, P.C.A.; OLIVEIRA, G.H.H. Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. **Revista Brasileira de Armazenamento. Especial Café**. 64-73., 2009.

GONELI, AL.D.; CORRÊA, P.C.; JUNIOR, P.C.A.; OLIVEIRA, G.H.H. Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. **Revista Brasileira de Armazenamento. Especial Café.** 64-73., 2009.

HOSCHER, R.H.; CINÉTICA DE SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA: INFLUÊNCIA VARIETAL. Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de ciências agrárias e ambientais, Sinop, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - junho 2021. Disponível em : <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>> acesso em: 30 jul 2021.

JORDAN, R.A.; SIQUEIRA, V.C.; CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M.; HOSCHER, R.H.; MABASSO, G.A.; MOTOMIA, A.V.A.; OLIVEIRA, F.C.; MARTINS, E.A.S.; SANTOS, R.C.; QUEQUETO, W.D. Cinética de secagem de café natural e descascado a baixa temperatura e umidade relativa com emprego de uma bomba de calor. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020.

LAZZAROTTO, J.J.; HIRAKURI, M.H.; Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 319. 2010.

MARTINAZZO, A.P.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; MELO, E.C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.3, p.301–306, 2007.

MORAIS, S.J.S.; DEVILA, I.A.; FERREIRA, D.A.; TEIXEIRA, I.R. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 3, p. 455-463, jul-set, 2013

OLIVEIRA, D.E.C.; RESENDE, O.; SMANIOTO, T.A.S.; SOUSA, K.A.; CAMPOS, R.C., Propriedades termodinâmicas de grãos de milho para diferentes teores de água de equilíbrio. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 50-56, jan. /Mar. 2013

RESENDE, O.; FERREIRA, L.U.; ALMEIDA, D.P. MODELAGEM MATEMÁTICA PARA DESCRIÇÃO DA CINÉTICA DE SECAGEM DO FEIJÃO ADZUKI (*Vigna angularis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, ISSN 1517-8595 Campina Grande, v.12, n.2, p.171-178, 2010.

SANTOS, A. D.; VIABILIDADE DA INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA COM PRODUTOS COMERCIAIS A BASE DE BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM

ANTES DA SEMEADURA. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOTECNOLOGIA, Palotina,2013.

SANTOS, C.J.R. SECAGEM DE SEMENTES DE GIRASSOL VIA RADIAÇÃO INFRAVERMELHO E CONVECÇÃO FORÇADA DE AR AQUECIDO. **Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes.** 2009.

SANTOS, F.S.; LEITE, D.D.F.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Modelagem matemática da cinética de secagem da romã. **REVISTA ESPACIOS** Vol.38, n. 52, Pág. 27. 2017

SCHULTZ, R.A.; CORADI, P.C.; BRENTAN, L.O.; CAMILO, L.L.; PEREIRA, T.L. ALTERAÇÕES DA QUALIDADE DE GRÃOS DE SOJA ARMAZENADOS EM DIFERENTES AMBIENTES. **XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014**, 2014.

SILVA,L.CM.; Cinética de secagem dos grãos e caracterização física e química durante o armazenamento de farinha de sorgo granífero. TESE EM DOUTORADO EM CIENCIAS AGRÁRIAS, INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA.2019

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIENCIA A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas- dezembro 2024. Disponível em : <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252018000300005&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252018000300005&script=sci_arttext)> acesso em: 01 dez 2024.