

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CÂMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONTROLE DO TEOR DE UMIDADE NA SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA:
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO
INDUSTRIAL EM UMA UNIDADE ARMAZENADORA**

Eduarda Santos Lopes

URUTAÍ – GO
Março de 2026

EDUARDA SANTOS LOPES

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador (a): Raiane Ferreira de Miranda

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

L864c Santos Lopes, Eduarda
CONTROLE DO TEOR DE UMIDADE NA SECAGEM DE
GRÃOS DE SOJA: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE
ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO INDUSTRIAL
EM UMA UNIDADE ARMAZENADORA / Eduarda Santos
Lopes. Urutai 2025.

44f. il.

Orientadora: Profª. Dra. Raiane Ferreira de Miranda.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0120064 -
Bacharelado em Engenharia Agrícola - Urutai (Campus Urutai).
I. Título.

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:
Eduarda Santos Lopes

Matrícula:
2017101200640294

Título do trabalho:
CONTROLE DO TEOR DE UMIDADE NA SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **2 / 0 / 202**


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 inclusos 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
**EDUARDA SANTOS LOPES**
Data: 25/03/2026 12:33:40-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Urutai - GO

Local

2 / 0 / 202

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

RAIANE FERREIRA DE
MIRANDA:040995631
70

Assinado de forma digital por

RAIANE FERREIRA DE

MIRANDA:04099563170

Dados: 2026.03.25 12:38:53 -03'00'



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

Ata nº 6/2026 - CCBEA-URT/GE-UR/DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos vinte dias do mês de março de 2026, às 17 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: **Raiane Ferreira de Miranda** (orientadora), **Rangel Gonçalves de Souza** (membro), **Gabriel Hudson de Oliveira Silva** (membra) para examinar o Trabalho de Curso intitulado "**CONTROLE DO TEOR DE UMIDADE NA SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO INDUSTRIAL EM UMA UNIDADE ARMAZENADORA**" da estudante **Eduarda Santos Lopes**, Matrícula nº 2017101200640294 do Curso de Engenharia Agrícola do IF Goiano – Campus Urutaí. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante, com nota média **9,0**. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Raiane Ferreira de Miranda

Orientadora

(Assinado Eletronicamente)

Rangel Gonçalves de Souza

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Gabriel Hudson de Oliveira Silva

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Raiane Ferreira de Miranda**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 20/03/2026 17:44:04.
- **Rangel Goncalves de Souza**, GERENTE - CD4 - GEXT-UR , em 20/03/2026 17:46:18.
- **Gabriel Hudson Oliveira Silva**, 2025101330940006 - Discente, em 20/03/2026 17:47:03.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/03/2026. 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: 802708
Código de Autenticação: 11eeb47a5d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Urutai
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAI / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900

**CONTROLE DO TEOR DE UMIDADE NA SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA:
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO
INDUSTRIAL EM UMA UNIDADE ARMAZENADORA**

Eduarda Santos Lopes

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado pela Comissão Examinadora em: 20 / 02 / 2026

Dr.^a. Raiane Ferreira de Miranda
Orientadora

Esp. Gabriel Hudson de Oliveira Silva
Examinador

Esp. Rangel Gonçalves de Souza
Examinador

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo de toda essa trajetória, mesmo diante das dificuldades.

Ao meu filho, que é minha maior motivação e razão de seguir em frente, agradeço pelo amor, pela inspiração e por ser a luz que me impulsiona a buscar sempre o melhor.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, incentivo constante e por nunca medirem esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Esta conquista também é de vocês.

À minha orientadora, pela dedicação, paciência e pelos valiosos ensinamentos ao longo do desenvolvimento deste trabalho, contribuindo de forma essencial para a sua realização.

Aos colaboradores da empresa Olvego – Óleos Vegetais de Goiás LTDA, pela oportunidade concedida, apoio durante a realização do estudo e pela disponibilidade em compartilhar conhecimentos e informações fundamentais para a execução deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o controle do teor de umidade dos grãos de soja em uma unidade armazenadora e industrial, destacando sua influência na qualidade pós-colheita e no desempenho do processamento. O estudo foi desenvolvido na unidade da empresa Olvego – Óleos Vegetais de Goiás LTDA, localizada no município de Pires do Rio – GO, abrangendo as etapas de recebimento, classificação, secagem, resfriamento, armazenamento e destinação para processamento industrial. Foram utilizados dados operacionais obtidos por meio de planilhas de controle do recebimento e dos secadores, contemplando variáveis como teor de umidade, impurezas e qualidade dos grãos. Os resultados evidenciaram que a soja recebida apresentava variações significativas no teor de umidade, frequentemente acima dos níveis seguros para armazenamento, tornando indispensável o processo de secagem. Observou-se que os secadores desempenharam papel fundamental na redução da umidade, permitindo adequar os grãos tanto para armazenamento seguro quanto para as exigências do processamento industrial. Além disso, verificou-se que o controle inadequado da umidade pode comprometer a qualidade dos grãos, favorecendo processos de deterioração, como aquecimento, desenvolvimento de microrganismos e perdas qualitativas e quantitativas. Dessa forma, conclui-se que o controle do teor de umidade é um fator estratégico na cadeia produtiva da soja, sendo essencial para garantir a conservação dos grãos, reduzir perdas e otimizar o rendimento industrial. O estudo contribui para o aprimoramento das práticas de manejo pós-colheita, evidenciando a importância do monitoramento contínuo e do controle operacional nas unidades armazenadoras.

Palavras-chave: Soja; Pós-colheita; Teor de umidade; Secagem de grãos; Armazenamento.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the control of moisture content in soybean grains in a storage and industrial unit, highlighting its influence on post-harvest quality and processing performance. The research was carried out at the Olvego – Óleos Vegetais de Goiás LTDA unit, located in the municipality of Pires do Rio, Goiás, Brazil, covering the stages of reception, classification, drying, cooling, storage, and industrial processing. Operational data were collected from control spreadsheets of grain reception and drying systems, including variables such as moisture content, impurities, and grain quality. The results showed that the received soybeans presented significant variations in moisture content, often above safe storage levels, making the drying process essential. It was observed that the dryers played a fundamental role in reducing moisture content, allowing the grains to meet both storage safety requirements and industrial processing standards. In addition, inadequate moisture control may compromise grain quality, favoring deterioration processes such as heating, microorganism development, and quantitative and qualitative losses. Therefore, it is concluded that moisture control is a strategic factor in the soybean production chain, being essential to ensure grain preservation, reduce losses, and optimize industrial yield. This study contributes to improving post-harvest management practices, emphasizing the importance of continuous monitoring and operational control in storage units.

Keywords: soybean; Post-harvest; Moisture content; Grain drying; Storage

LISTAS

Figura 1 – Unidade industrial da empresa Olvego – Óleos Vegetais de Goiás LTDA, localizada em Pires do Rio – GO.

Figura 2 – Sistema de pesagem de caminhões na recepção da unidade.

Figura 3 – Amostrador pneumático utilizado na coleta de grãos de soja no recebimento.

Figura 4 – Quarteador utilizado para divisão e homogeneização de amostras de grãos de soja
Fonte: Autor (2026).

Figura 5 – Processo de pesagem de amostras de grãos de soja em laboratório de classificação.

Figura 6 – Pesagem de impurezas na amostra de grãos de soja para determinação da qualidade.

Figura 7 – Pesagem de amostra para determinação de parâmetros de qualidade dos grãos de soja.

Figura 8 – Figura 8 – Pesagem de grãos de soja verdes para avaliação de qualidade (a). Fonte: Autor (2026). Grão de soja aberto evidenciando coloração verde interna (b).

Figura 9 – Equipamento utilizado para determinação do teor de umidade.

Figura 10 – Descarga de grãos de soja nas moegas 1, 2, 3 e 4 da unidade armazenadora.

Figura 11 – Sistema de pré-limpeza dos grãos de soja na unidade armazenadora.

Figura 12 – Impurezas removidas dos grãos de soja durante o processo de pré-limpeza.

Figura 13 – Secadores 1 e 2 utilizados no processo de secagem de grãos de soja.

Figura 14 – Fornalha utilizada para alimentação de combustível (lenha) no sistema de secagem de grãos de soja.

Figura 15 – Painel de controle do sistema de secagem de grãos de soja.

Figura 16 – Sistema de resfriamento dos grãos de soja após a secagem, antes do armazenamento.

Figura 17 – Armazenamento de grãos de soja em armazém graneleiro.

Figura 18 – Sistema de pré-limpeza dos grãos de soja na unidade armazenadora.

Figura 19 – Secador 3 utilizado no processo de secagem de grãos de soja.

Figura 20 – Vista geral da unidade armazenadora e industrial de grãos de soja.

Figura 21 – Planilha de controle do recebimento de grãos de soja na unidade armazenadora.

Figura 22 – Planilha de controle operacional dos Secadores 1 e 2.

Figura 23 – Planilha de controle operacional do Secador 3.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da soja e qualidade pós-colheita dos grãos

2.1.1 Produção e importância econômica da soja

2.1.2 Conceito de qualidade de grãos

2.1.3 Fatores que afetam a qualidade pós-colheita dos grãos

2.2 Teor de umidade da soja e sua influência na conservação dos grãos

2.2.1 Conceito de teor de umidade e atividade de água

2.2.2 Equilíbrio higroscópico e interação com o ambiente

2.2.3 Métodos de determinação da umidade

2.2.4 Relação entre umidade, respiração e deterioração

2.2.5 Secagem de grãos e controle da umidade

2.2.6 Umidade segura para armazenamento e variabilidade das recomendações

2.2.7 Problemas associados à alta umidade

2.2.8 Relação com o presente estudo

2.3 Processamento industrial da soja e exigências de umidade para moagem

2.3.1 Etapas do processamento industrial da soja

2.3.2 Moagem e extração de óleo

2.3.3 Influência da umidade no rendimento industrial

2.3.4 Ajuste de umidade na indústria

2.3.5 Diferença entre umidade ideal para armazenamento e para processamento

2.3.6 Relação com o presente estudo

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização do estudo

3.2 Fluxo operacional e acompanhamento do processo

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da soja no recebimento

4.2 Desempenho dos Secadores 1 e 2

4.3 Desempenho do Secador 3

4.4 Comparação entre as etapas e implicações operacionais

5 CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) constitui uma das principais commodities agrícolas do Brasil, desempenhando papel fundamental na economia nacional e no abastecimento das cadeias produtivas de óleo vegetal, farelo proteico e biocombustíveis. Nas últimas décadas, o país consolidou-se como um dos maiores produtores e exportadores mundiais desse grão, impulsionado pelo avanço tecnológico, expansão das áreas cultivadas e elevada demanda internacional (CONAB, 2023; EMBRAPA, 2020).

Diante do elevado volume de produção, as etapas de pós-colheita tornam-se essenciais para garantir a manutenção da qualidade dos grãos até sua comercialização ou processamento industrial. Nesse contexto, a armazenagem e, principalmente, o controle do teor de umidade destacam-se como fatores determinantes para a conservação da soja, uma vez que os grãos continuam metabolicamente ativos após a colheita (ELIAS, 2003; WEBER, 2001).

A colheita da soja frequentemente ocorre com teores de umidade superiores aos níveis considerados seguros para armazenamento, tornando indispensável a realização do processo de secagem. Segundo Scussel (2000), a presença de umidade elevada favorece o aumento da atividade respiratória dos grãos, podendo provocar aquecimento da massa armazenada, além de criar condições ideais para o desenvolvimento de fungos e insetos, resultando em perdas quantitativas e qualitativas

Além disso, fatores como temperatura, presença de impurezas, danos mecânicos e condições inadequadas de armazenamento contribuem significativamente para a deterioração dos grãos. De acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR, 2018), a falta de controle adequado desses parâmetros pode ocasionar perdas expressivas durante o período pós-colheita, comprometendo a qualidade final do produto e reduzindo seu valor comercial.

No contexto das unidades armazenadoras e processadoras, o controle do teor de umidade assume papel estratégico, pois influencia tanto a conservação dos grãos quanto a eficiência dos processos industriais. Para armazenamento seguro, recomenda-se que a soja seja mantida com teor de umidade entre 12% e 13%, faixa que reduz significativamente a atividade metabólica e a proliferação de microrganismos (PUZZI, 2000; SILVA et al., 2008).

de umidade assume papel estratégico, pois influencia tanto a conservação dos grãos quanto a eficiência dos processos industriais. Para armazenamento seguro, recomenda-se que a soja seja mantida com teor de umidade entre 12% e 13%, faixa que reduz significativamente a atividade metabólica e a proliferação de microrganismos (PUZZI, 2000; SILVA et al., 2008).

De acordo com as exigências operacionais da indústria. Níveis inadequados de umidade podem. Por outro lado, para a soja destinada ao processamento industrial, especialmente nas etapas de moagem e extração de óleo, o teor de umidade pode variar De acordo com as exigências operacionais da indústria. Níveis inadequados de umidade podem comprometer o rendimento do processo,

influenciando diretamente a eficiência da extração e a qualidade dos produtos finais, como óleo e farelo (MENDES; PADILHA JÚNIOR, 2007).

Na unidade da empresa Olvego – Óleos Vegetais de Goiás LTDA, localizada no município de Pires do Rio – GO, o processo de secagem apresenta particular relevância devido à existência de diferentes fluxos operacionais. Parte da soja é destinada ao armazenamento em armazéns graneleiros, enquanto outra parcela segue diretamente para o processamento industrial, exigindo diferentes padrões de umidade final. Nesse cenário, o controle operacional da secagem — envolvendo parâmetros como temperatura do ar, tempo de exposição e monitoramento contínuo da umidade — torna-se essencial para garantir a qualidade dos grãos, reduzir perdas e otimizar o desempenho industrial (EMBRAPA, 2018).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a diferença nos teores de umidade da soja destinada ao armazenamento e à moagem na unidade da Olvego em Pires do Rio – GO, avaliando os impactos desses parâmetros na conservação dos grãos e na eficiência do processo industrial. Busca-se, assim, contribuir para o aprimoramento das práticas de manejo pós-colheita e para a tomada de decisões operacionais no controle da secagem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica da soja e qualidade pós-colheita dos grãos

A soja (*Glycine max* L.) destaca-se como uma das principais culturas agrícolas do mundo, desempenhando papel fundamental na economia global devido à sua ampla utilização na produção de óleo vegetal, farelo proteico e diversos produtos industriais. No Brasil, a cultura apresenta elevada relevância econômica, sendo responsável por significativa parcela das exportações do agronegócio e contribuindo diretamente para o desenvolvimento do setor agrícola (CONAB, 2023; IBGE, 2022).

O crescimento expressivo da produção de soja nas últimas décadas está diretamente relacionado à incorporação de tecnologias, como o desenvolvimento de cultivares adaptadas, o uso de insumos modernos e a mecanização das operações agrícolas (EMBRAPA, 2020). Entretanto, conforme destacado por Elias (2003), o aumento da produção não garante, necessariamente, a manutenção da qualidade dos grãos, sendo a fase pós-colheita uma das mais críticas da cadeia produtiva.

Nesse contexto, a qualidade dos grãos de soja pode ser definida como o conjunto de características físicas, químicas e biológicas que determinam sua aptidão para armazenamento, comercialização e processamento industrial (SCUSSEL, 2000). No entanto, esse conceito não é unânime na literatura. Enquanto Silva et al. (2008) enfatizam aspectos físicos, como integridade dos grãos e ausência de impurezas, autores como Weber (2001) destacam a influência das condições de armazenamento, especialmente temperatura e ventilação. Já Faroni et al. (2009) ampliam essa abordagem ao considerar a interação entre fatores ambientais e estruturais das unidades armazenadoras.

A fase pós-colheita é considerada crítica porque, mesmo após a colheita, os grãos permanecem biologicamente ativos, realizando processos respiratórios que consomem reservas energéticas e liberam calor (ELIAS, 2003). Esse fenômeno pode resultar no aumento da temperatura da massa armazenada, favorecendo a deterioração do produto. Nesse sentido, Puzzi (2000) destaca que o teor de umidade é o principal fator responsável pela intensificação da atividade metabólica, enquanto Weber (2001) ressalta que a temperatura atua de forma complementar, potencializando esses efeitos.

Além disso, a presença de impurezas e danos mecânicos contribui significativamente para a redução da qualidade dos grãos. Segundo Silva et al. (2008), impurezas dificultam a circulação de ar na massa armazenada, favorecendo a retenção de umidade. Já os danos mecânicos aumentam a susceptibilidade dos grãos ao ataque de microrganismos. Scussel (2000) reforça que essas condições criam um ambiente propício para o desenvolvimento de fungos, podendo resultar na produção de micotoxinas.

Outro aspecto relevante refere-se às perdas quantitativas e qualitativas durante o armazenamento. De acordo com Corrêa et al. (2006), alterações nas propriedades físicas dos grãos, especialmente durante a secagem, podem comprometer sua integridade estrutural. Dessa forma, observa-se que a manutenção da qualidade pós-colheita depende de um conjunto de fatores inter-relacionados, exigindo controle rigoroso ao longo de toda a cadeia produtiva.

No contexto do presente estudo, que analisa o controle de umidade em uma unidade armazenadora e industrial, esses aspectos tornam-se ainda mais relevantes. A compreensão dos fatores que influenciam a qualidade dos grãos permite interpretar os resultados obtidos e avaliar a eficiência das práticas adotadas, evidenciando a importância do manejo adequado da umidade tanto para a conservação quanto para o processamento da soja.

2.2 Qualidade pós-colheita dos grãos

A qualidade dos grãos de soja é um conceito amplo e multifatorial, que envolve características físicas, químicas, fisiológicas e sanitárias, determinando sua aptidão para armazenamento, comercialização e processamento industrial. De acordo com Scussel (2000), a qualidade pode ser entendida como o conjunto de atributos que conferem valor ao produto, sendo diretamente influenciada pelas condições de produção, colheita e, principalmente, pós-colheita.

Entretanto, esse conceito não é uniforme na literatura. Enquanto autores como Silva et al. (2008) enfatizam os aspectos físicos, como integridade dos grãos, uniformidade e ausência de impurezas, Weber (2001) destaca a importância das condições de armazenamento, especialmente o controle da temperatura e da umidade, como fatores determinantes para a manutenção da qualidade ao longo do tempo. Já Elias (2003) amplia essa abordagem ao considerar a atividade metabólica dos grãos como um elemento central no processo de deterioração.

Sob o ponto de vista físico, a qualidade está relacionada à integridade estrutural dos grãos, sendo afetada por danos mecânicos ocorridos durante a colheita e o beneficiamento. Esses danos reduzem a resistência do grão e aumentam sua suscetibilidade à deterioração. Do ponto de vista químico, destacam-se a composição em óleo e proteína, que são fundamentais para a indústria de processamento, influenciando diretamente o rendimento industrial (MENDES; PADILHA JÚNIOR, 2007).

No aspecto fisiológico, a qualidade está associada à viabilidade e ao vigor dos grãos, especialmente quando destinados à produção de sementes. Já no aspecto sanitário, a presença de fungos e insetos é um dos principais fatores de degradação, podendo resultar na produção de micotoxinas, substâncias prejudiciais à saúde humana e animal (SCUSSEL, 2000).

Uma análise crítica da literatura evidencia que a qualidade dos grãos não deve ser avaliada de forma isolada, mas sim como resultado da interação entre diversos fatores. Nesse sentido, Faroni et al. (2009) destacam que condições inadequadas de armazenamento podem comprometer rapidamente características previamente preservadas no campo, reforçando a importância do manejo pós-colheita. Além disso, observa-se que o conceito de qualidade varia conforme a finalidade do produto. Para armazenamento, aspectos como teor de umidade e estabilidade são prioritários, enquanto para a indústria, características como teor de óleo e rendimento de extração tornam-se mais relevantes. Essa diferença de enfoque evidencia a necessidade de adequação das condições de manejo às exigências específicas de cada etapa da cadeia produtiva.

No contexto deste estudo, a qualidade dos grãos está diretamente relacionada ao controle do teor de umidade, uma vez que esse fator influencia simultaneamente aspectos físicos, fisiológicos e sanitários. Assim, a compreensão abrangente do conceito de qualidade é fundamental para interpretar os impactos do manejo adotado nas unidades armazenadoras e industriais analisadas.

Entre os principais fatores que afetam a qualidade pós-colheita, destacam-se o teor de umidade, a temperatura, a presença de impurezas, os danos mecânicos e a ação de pragas e microrganismos. Embora esses fatores sejam amplamente reconhecidos na literatura, há diferenças quanto à ênfase atribuída a cada um deles. Puzzi (2000) considera o teor de umidade como o fator mais crítico, por influenciar diretamente a atividade metabólica dos grãos, enquanto Weber (2001) destaca a temperatura como elemento determinante para a estabilidade da massa armazenada. Essa divergência, na realidade, evidencia a forte interação entre esses fatores, uma vez que a umidade elevada potencializa o aumento da temperatura devido à intensificação da respiração.

O teor de umidade exerce influência direta sobre a taxa respiratória dos grãos e sobre o desenvolvimento de microrganismos. Segundo Scussel (2000), níveis elevados de umidade favorecem a proliferação de fungos, podendo resultar na produção de micotoxinas. Além disso, a umidade excessiva contribui para o fenômeno de aquecimento da massa de grãos, que pode evoluir para processos de fermentação e deterioração acentuada.

A temperatura, por sua vez, atua como um fator acelerador das reações bioquímicas. Weber (2001) afirma que temperaturas elevadas aumentam significativamente a velocidade de deterioração, especialmente quando associadas a altos teores de umidade. Nesse sentido, observa-se que o controle isolado de apenas um fator não é suficiente, sendo necessário o monitoramento conjunto das condições de armazenamento.

Outro fator relevante é a presença de impurezas, como restos vegetais e partículas estranhas, que dificultam a circulação de ar na massa de grãos. De acordo com Silva et al. (2008), essa condição favorece a retenção de umidade e a formação de pontos localizados de aquecimento, conhecidos como “bolsões térmicos”, que aceleram a deterioração.

Os danos mecânicos também desempenham papel importante na perda de qualidade. Esses danos, geralmente causados durante a colheita e o beneficiamento, comprometem a integridade dos grãos, tornando-os mais suscetíveis ao ataque de fungos e insetos. Além disso, grãos danificados apresentam maior taxa de respiração, intensificando o processo de deterioração (ELIAS, 2003). A ação de pragas e microrganismos constitui outro fator crítico. Insetos e fungos utilizam os grãos como fonte de alimento, causando perdas quantitativas e qualitativas. Scussel (2000) destaca que, além da redução da massa, a contaminação por fungos pode comprometer a segurança do produto, devido à possível presença de micotoxinas.

Uma análise integrada desses fatores evidencia que a deterioração dos grãos é resultado da interação entre condições físicas e biológicas. Nesse sentido, Faroni et al. (2009) ressaltam que a eficiência do armazenamento depende do controle simultâneo dessas variáveis, especialmente do teor de umidade e da temperatura.

No contexto deste estudo, o teor de umidade assume papel central, uma vez que influencia diretamente os demais fatores analisados. Dessa forma, compreender a atuação conjunta desses elementos é fundamental para avaliar a eficiência das práticas adotadas na unidade armazenadora e para propor melhorias no manejo pós-colheita, contribuindo para a redução de perdas e a manutenção da qualidade dos grãos

2.3 Secagem de grãos e controle da umidade

A secagem é uma etapa essencial no manejo pós-colheita, sendo responsável por reduzir o teor de umidade dos grãos até níveis seguros. Segundo a EMBRAPA (2018), esse processo deve ser conduzido de forma controlada, utilizando temperaturas adequadas e fluxo de ar uniforme. No entanto, a literatura aponta que a secagem inadequada pode causar danos físicos e fisiológicos aos grãos. Temperaturas elevadas podem provocar fissuras, redução do vigor e alterações na composição química. Por outro lado, secagem insuficiente pode resultar em teores de umidade inadequados, favorecendo a deterioração.

Assim, observa-se que a eficiência da secagem depende do equilíbrio entre a remoção de água e a preservação da qualidade dos grãos.

De modo geral, recomenda-se que a soja seja armazenada com teor de umidade entre 12% e 13%. Essa faixa é considerada adequada para reduzir a atividade metabólica e a proliferação de microrganismos.

Entretanto, Weber (2001) destaca que a umidade segura não é um valor fixo, podendo variar de acordo com fatores como temperatura ambiente, tempo de armazenamento e condições estruturais

da unidade armazenadora. Em ambientes com temperaturas elevadas, por exemplo, pode ser necessário reduzir ainda mais o teor de umidade para garantir a estabilidade da massa de grãos. Essa variabilidade evidencia a necessidade de adoção de estratégias de manejo adaptadas às condições específicas de cada sistema produtivo.

No contexto deste trabalho, o teor de umidade é tratado como variável central na avaliação da qualidade dos grãos em unidades armazenadoras. A análise das condições de umidade permite compreender os mecanismos de deterioração e identificar pontos críticos no manejo pós-colheita.

Dessa forma, este estudo busca contribuir para o aprimoramento das práticas de controle de umidade, visando à redução de perdas e à melhoria da eficiência do sistema de armazenamento, com impactos diretos na qualidade final do produto.

2.4 Processamento industrial da soja e exigências de umidade para moagem

O processamento industrial da soja representa uma etapa fundamental na cadeia produtiva, sendo responsável pela transformação dos grãos em produtos de alto valor agregado, como óleo vegetal e farelo proteico. A eficiência desse processo está diretamente relacionada à qualidade da matéria-prima, especialmente ao teor de umidade, que influencia o desempenho das operações industriais e o rendimento final dos produtos.

De modo geral, o processamento da soja envolve uma sequência de etapas interdependentes, incluindo recepção, limpeza, secagem, quebra, descascamento, laminação, condicionamento e extração do óleo. Cada uma dessas fases possui exigências específicas, sendo o controle das características físicas dos grãos essencial para garantir a eficiência operacional e a qualidade dos produtos finais.

A etapa inicial consiste na recepção e limpeza dos grãos, onde são removidas impurezas como palha, pedras e materiais estranhos. Essa fase é fundamental para evitar danos aos equipamentos e garantir a uniformidade do processamento.

Na sequência, os grãos passam pelo processo de secagem, quando necessário, para ajuste do teor de umidade. Posteriormente, ocorre a quebra e o descascamento, etapas que visam facilitar a separação das estruturas do grão e melhorar a eficiência da extração.

A laminação transforma os grãos em flocos, aumentando a área de contato e favorecendo a extração do óleo. Por fim, o óleo pode ser extraído por prensagem mecânica ou por solventes, sendo este último o método mais utilizado em escala industrial devido à sua maior eficiência (MENDES; PADILHA JÚNIOR, 2007).

A moagem é uma etapa crítica no processamento, pois prepara os grãos para a extração do óleo. A eficiência dessa etapa depende diretamente das condições físicas dos grãos, especialmente do teor de umidade.

Grãos com umidade elevada tendem a apresentar maior plasticidade, dificultando a formação adequada de flocos e reduzindo a eficiência da extração. Por outro lado, grãos excessivamente secos tornam-se mais frágeis, aumentando a geração de finos e reduzindo o rendimento industrial.

De acordo com Elias (2003), o equilíbrio adequado do teor de umidade é essencial para garantir a integridade estrutural dos grãos durante a moagem, contribuindo para uma melhor performance no processo de extração.

O teor de umidade exerce influência direta sobre o rendimento industrial da soja. Segundo Mendes e Padilha Júnior (2007), níveis inadequados de umidade podem comprometer a eficiência da extração de óleo e a qualidade do farelo produzido.

Uma análise comparativa da literatura demonstra que diferentes autores enfatizam distintos aspectos dessa influência. Enquanto alguns destacam a importância da umidade para a integridade física dos grãos, outros ressaltam seu impacto na eficiência dos processos químicos envolvidos na extração.

De modo geral, observa-se que a umidade ideal para o processamento deve permitir a formação de flocos adequados, sem comprometer a estabilidade estrutural dos grãos. Dessa forma, o controle preciso desse parâmetro é essencial para maximizar o rendimento e reduzir perdas no processo industrial.

Em função das exigências do processamento, muitas indústrias realizam o condicionamento dos grãos, ajustando o teor de umidade antes da moagem. Esse ajuste pode ser feito por meio da adição controlada de água ou pela secagem complementar, dependendo das condições iniciais da matéria-prima.

Weber (2001) destaca que o condicionamento adequado melhora a plasticidade dos grãos, favorecendo a laminação e aumentando a eficiência da extração de óleo. No entanto, o controle inadequado pode resultar em efeitos negativos, como aumento da atividade microbiana e perda de qualidade.

Assim, o ajuste de umidade deve ser realizado de forma criteriosa, considerando as características dos grãos e as condições operacionais da indústria.

A umidade ideal da soja varia conforme sua finalidade. Para armazenamento, recomenda-se que os grãos apresentem teor de umidade entre 12% e 13%, visando à redução da atividade metabólica e à conservação da qualidade.

Por outro lado, para o processamento industrial, os níveis de umidade podem ser ajustados para atender às exigências das etapas de moagem e extração. Essa diferença evidencia que o manejo da umidade deve ser adaptado às necessidades específicas de cada etapa da cadeia produtiva.

Sob uma perspectiva crítica, observa-se que a falta de integração entre as etapas de armazenamento e processamento pode comprometer a qualidade dos grãos e reduzir a eficiência industrial. Dessa forma, torna-se essencial a adoção de estratégias que considerem toda a cadeia produtiva de forma integrada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização do estudo

O estudo foi desenvolvido na unidade industrial da empresa Olvego – Óleos Vegetais de Goiás LTDA, localizada no município de Pires do Rio – GO, a qual atua nas etapas de recepção, beneficiamento, secagem, armazenamento e processamento de soja para produção de óleo vegetal e farelo proteico.

A unidade apresenta fluxo operacional contínuo, integrando sistemas de pré-limpeza, secagem artificial, armazenamento em granel e processamento industrial, o que permite a análise prática das variáveis envolvidas no manejo pós-colheita.

A pesquisa foi conduzida durante o período de operação da unidade, em condições reais de processamento, caracterizando-se como um estudo de natureza aplicada e observacional, com abordagem qualitativa e quantitativa descritiva, voltado à análise do controle do teor de umidade do grãos ao longo da cadeia operacional.



Figura 1 – Unidade industrial da empresa Olvego – Óleos Vegetais de Goiás LTDA, localizada em Pires do Rio – GO. Fonte: Autor (2026).

3.2 Fluxo operacional e acompanhamento do processo

O acompanhamento do processo foi realizado desde a recepção da matéria-prima até sua destinação final, permitindo a análise das etapas críticas relacionadas ao controle de umidade.

Foram observadas as seguintes etapas operacionais:

- Recepção, classificação física e determinação do teor de umidade

- Descarga e segregação em moegas
- Secagem artificial, armazenamento e destinação dos grãos para processamento industrial.

A análise dessas etapas possibilitou identificar pontos críticos de controle e avaliar a influência do teor de umidade na tomada de decisões operacionais.

- **Recepção, classificação física e determinação do teor de umidade**

O processo operacional da unidade tem início com a chegada dos caminhões transportadores de soja, os quais são inicialmente submetidos ao controle de acesso e identificação.

Na sequência, os veículos passam pelo sistema de pesagem em balança rodoviária, onde é realizado o registro do peso bruto da carga. Nesse momento, os caminhões são identificados e “tagueados” no sistema da empresa, garantindo a rastreabilidade das informações ao longo de todo o processo operacional.

Após a pesagem inicial, os caminhões são direcionados para o setor de classificação, onde são realizadas as análises de qualidade dos grãos, incluindo teor de umidade, impurezas, grãos avariados, grãos verdes e, quando necessário, teste de transgenia.

Concluída a etapa de classificação, os veículos são encaminhados para descarga, conforme o direcionamento definido com base nos resultados obtidos.

Após a descarga completa da carga, os caminhões retornam à balança rodoviária para a realização da pesagem final (tara), permitindo a determinação do peso líquido da soja recebida.

Esse procedimento é fundamental para o controle quantitativo da produção, assegurando precisão nas operações comerciais e confiabilidade no registro de entrada de matéria-prima.



Figura 2 – Sistema de pesagem de caminhões na recepção da unidade. Balança rodoviária utilizada para pesagem de caminhões no controle de entrada e saída de cargas de soja. Fonte: Autoria própria (2026).

A recepção da soja inicia-se com a coleta de amostras diretamente dos caminhões transportadores, utilizando um amostrador pneumático de grãos. Esse equipamento realiza a sucção de grãos em múltiplos pontos da carga, permitindo a obtenção de uma amostra composta, representativa do lote recebido, reduzindo possíveis erros associados à heterogeneidade da massa de grãos.



Figura 3 – Amostrador pneumático utilizado na coleta de grãos de soja no recebimento. Fonte: Autor (2026).

Após a coleta, as amostras são direcionadas a um sistema de homogeneização e redução, composto por um quarteador multicanais, no qual ocorre a mistura e divisão sucessiva da amostra. Esse procedimento tem como objetivo garantir a uniformidade e a representatividade da subamostra utilizada nas análises laboratoriais, minimizando vieses amostrais.



Figura 4 – Quarteador utilizado para divisão e homogeneização de amostras de grãos de soja
Fonte: Autor (2026).

A subamostra obtida é inicialmente submetida à pesagem em balança eletrônica de precisão, permitindo a determinação da massa total utilizada como base para o cálculo percentual dos parâmetros de qualidade avaliados.

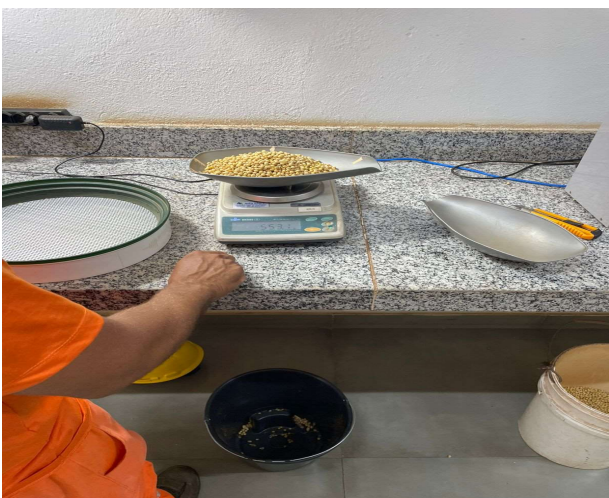


Figura 5 – Processo de pesagem de amostras de grãos de soja em laboratório de classificação.

Na sequência, realiza-se a separação de impurezas por meio de peneiração, processo no qual são removidos materiais estranhos, como partículas de solo, fragmentos vegetais e outros resíduos. As impurezas retidas são posteriormente pesadas, possibilitando a quantificação percentual desse parâmetro, o qual está diretamente relacionado à qualidade comercial e à necessidade de pré limpeza dos grãos



Figura 6 – Pesagem de impurezas na amostra de grãos de soja para determinação da qualidade.

Fonte: Autor (2026).

Posteriormente, procede-se à análise de grãos avariados (variados), definidos como aqueles que apresentam alterações físicas ou fisiológicas, tais como grãos quebrados, ardidos, danificados ou fora do padrão comercial. Esses grãos são separados manualmente e pesados, sendo sua quantificação essencial para avaliação da qualidade do lote e possíveis impactos no armazenamento e processamento.

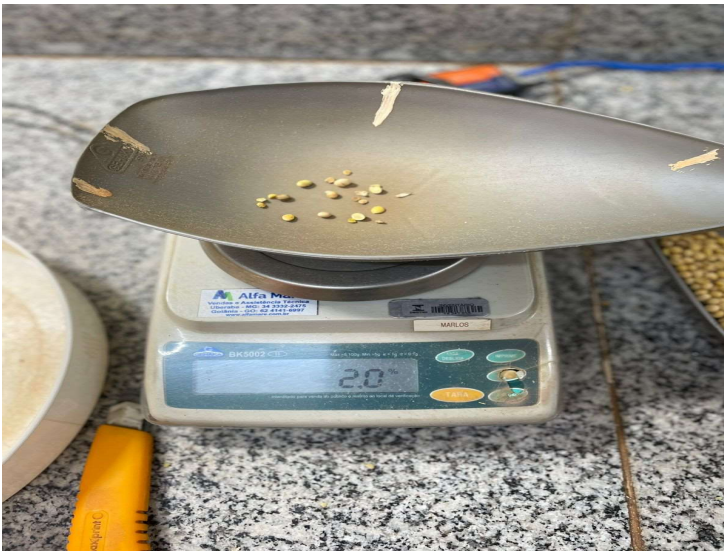


Figura 7 – Pesagem de amostra para determinação de parâmetros de qualidade dos grãos de soja
Fonte: Autor (2026).

Em seguida, realiza-se a identificação e separação de grãos verdes, caracterizados por não terem atingido completa maturação fisiológica. A presença desses grãos pode comprometer a estabilidade durante o armazenamento e reduzir a eficiência industrial, sendo, portanto, um parâmetro relevante na classificação. Após a separação manual, os grãos verdes são pesados para determinação do seu percentual na amostra.

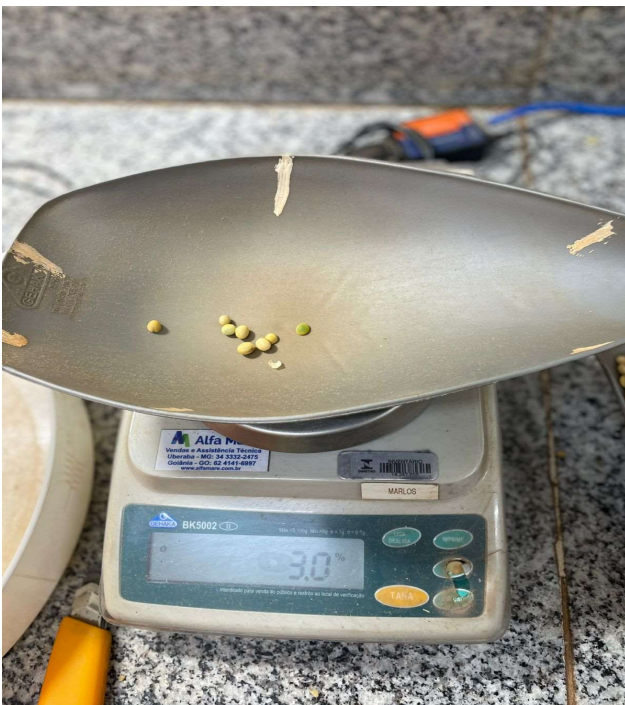


Figura 8 – Pesagem de grãos de soja verdes para avaliação de qualidade (a). Fonte: Autor (2026).
Grão de soja aberto evidenciando coloração verde interna (b). Fonte: Autor (2026).

Por fim, é realizada a determinação do teor de umidade dos grãos, utilizando medidor eletrônico digital. Esse parâmetro é considerado um dos mais importantes na classificação, uma vez que influencia diretamente a conservação, o risco de deterioração e a necessidade de secagem.



Figura 9– Equipamento utilizado para determinação do teor de umidade. Fonte: Autor (2026).

Todos os resultados obtidos nas análises são registrados em sistema informatizado da unidade, sendo utilizados para a classificação comercial da soja e para a definição do fluxo operacional, incluindo decisões como encaminhamento para secagem, armazenamento ou processamento imediato.

Em situações em que a carga recebida não apresenta identificação quanto à presença de organismos geneticamente modificados (OGMs), realiza-se a análise de transgenia por meio de testes rápidos do tipo imunocromatográfico.

O procedimento consiste na coleta de uma amostra de grãos, que é submetida à trituração e posterior mistura com solução extratora. Em seguida, uma fita reagente é inserida na solução, permitindo a detecção de proteínas específicas associadas a eventos transgênicos.

O resultado é obtido em poucos minutos, sendo interpretado visualmente por meio do aparecimento de linhas indicativas, classificando a amostra como transgênica ou não transgênica.

A realização desse teste é fundamental para garantir a rastreabilidade da produção, atender às exigências do mercado e assegurar a correta segregação dos grãos, evitando a mistura de cargas com diferentes padrões comerciais.

Do ponto de vista técnico, a adoção desse conjunto de análises permite uma avaliação abrangente da qualidade dos grãos, assegurando maior controle no processo pós-colheita e contribuindo para a eficiência operacional da unidade.

- **Descarga e segregação em moegas**

A unidade possui quatro moegas de recepção, cuja utilização não é fixa, sendo ajustada de acordo com as condições operacionais, especialmente em função do volume de recebimento e do teor de umidade dos grãos durante o período de safra.

Durante a realização deste estudo, observou-se que, em função das condições da safra, a soja recebida apresentava, predominantemente, teores de umidade elevados. Dessa forma, a unidade adotou uma estratégia operacional dinâmica para otimizar o fluxo de secagem e evitar gargalos no processo.

Nesse contexto, a distribuição das moegas ocorreu da seguinte forma:

- a) Moegas 1 e 2: destinadas ao recebimento de soja com maior teor de umidade, sendo os grãos encaminhados diretamente para os Secadores 1 e 2.
- b) Moega 3: utilizada para soja com teor de umidade dentro dos padrões adequados, sendo destinada diretamente ao armazenamento, sem necessidade de secagem imediata.
- c) Moega 4: destinada à soja em processo de transilagem (movimentação interna de grãos), utilizada para redistribuição e manejo da massa armazenada.

Essa adaptação no uso das moegas demonstra a flexibilidade operacional da unidade frente às variações das condições da matéria-prima, especialmente durante o período de safra, quando há maior incidência de grãos com alta umidade.

Do ponto de vista técnico, essa estratégia é fundamental para:

- a) Evitar acúmulo de cargas úmidas
- b) Otimizar a utilização dos secadores
- c) Reduzir riscos de deterioração dos grãos
- d) Garantir maior eficiência no fluxo operacional

Assim, a segregação dos grãos deixa de ser um processo estático e passa a ser um mecanismo de controle operacional adaptativo, diretamente relacionado à qualidade da matéria-prima recebida.



Figura 10– Descarga de grãos de soja nas moegas 1, 2, 3 e 4 da unidade armazenadora. Fonte: Autor (2026).

Após a descarga dos grãos nas moegas, inicia-se o fluxo operacional interno da unidade armazenadora, composto por etapas fundamentais para a conservação da qualidade da soja, incluindo transporte, pré-limpeza, secagem e encaminhamento para armazenamento.

As moegas desempenham papel essencial no sistema, funcionando como estruturas de recepção que permitem o escoamento dos grãos para os equipamentos subsequentes por meio de transportadores, como elevadores de canecas e correias transportadoras. Esse fluxo contínuo deve ser cuidadosamente controlado para evitar danos mecânicos aos grãos e perdas durante o processo (ELIAS, 2008).

Após a recepção nas moegas, os grãos são conduzidos por sistemas de transporte vertical e horizontal até as etapas de limpeza e secagem. Entre os principais equipamentos utilizados destacam-se:

- Elevadores de canecas
- Transportadores helicoidais
- Correias transportadoras

Esses sistemas garantem o deslocamento eficiente da soja dentro da unidade, devendo operar com velocidade e capacidade adequadas para evitar quebras, atrito excessivo e acúmulo de material, fatores que podem comprometer a qualidade final do produto (SILVA et al., 2010).

Na unidade analisada, o processo de pré-limpeza é realizado por dois sistemas distintos, organizados de acordo com o teor de umidade dos grãos, o que permite maior eficiência operacional e melhor controle da qualidade da soja.

O primeiro sistema de pré-limpeza é destinado aos grãos que apresentam teor de umidade igual ou inferior a 13%. Nessa condição, a soja é considerada apta para armazenamento seguro, não necessitando passar pelo processo de secagem. Após a remoção das impurezas, os grãos são encaminhados diretamente para o armazém ou silos, reduzindo custos operacionais e evitando exposição desnecessária ao calor, o que poderia comprometer a qualidade do produto (ELIAS, 2008).

O segundo sistema de pré-limpeza é utilizado para grãos com teor de umidade superior a 13,5%, os quais necessitam obrigatoriamente de secagem. Nesse caso, após a retirada das impurezas, os grãos são direcionados para os secadores da unidade (Secador 1 e Secador 2), onde ocorre a redução do teor de água até níveis adequados para armazenamento.

A existência desses dois fluxos distintos permite uma melhor organização do processo industrial, evitando sobrecarga dos secadores e aumentando a eficiência da unidade. Além disso, essa separação contribui para a manutenção da qualidade dos grãos, uma vez que cada lote é submetido apenas às etapas necessárias, evitando danos físicos e térmicos desnecessários (SILVA et al., 2010).



Figura 11 – Sistema de pré-limpeza dos grãos de soja na unidade armazenadora

Fonte: Autor (2026).

Independentemente do fluxo adotado, a pré-limpeza desempenha papel fundamental no beneficiamento da soja, pois promove a retirada de materiais indesejáveis, como:

- Palhas
- Vagens
- Torrões de terra
- Poeira e partículas finas

Essa etapa melhora significativamente a eficiência da secagem (quando necessária), além de reduzir riscos de deterioração, aquecimento da massa de grãos e desenvolvimento de microrganismos durante o armazenamento (BROOKER et al., 1992; ELIAS, 2008)



Figura 12 – Impurezas removidas dos grãos de soja durante o processo de pré-limpeza. Fonte: Autor (2026).

- **Secagem artificial, armazenamento e destinação dos grãos para processamento industrial**

A etapa de secagem dos grãos de soja foi realizada na unidade armazenadora por meio de dois secadores contínuos, denominados secador 1 e secador 2, ambos do tipo colmeia, amplamente utilizados em unidades de beneficiamento de grãos devido à sua eficiência na remoção de umidade e uniformidade do processo.

Após a etapa de pré-limpeza, os grãos com teor de umidade superior a 13% foram direcionados automaticamente, por meio de transportadores (elevadores de canecas e correias transportadoras), para os secadores, conforme a disponibilidade operacional e necessidade de processamento. O controle do fluxo foi realizado por sistema automatizado, permitindo o direcionamento adequado entre os secadores,



Figura 13 – Secadores 1 e 2 utilizados no processo de secagem de grãos de soja

Fonte: Autor (2026).

Os secadores utilizados na unidade são do tipo fluxo contínuo em colmeia, caracterizados por uma estrutura composta por colunas verticais formadas por chapas perfuradas, que permitem a passagem do ar aquecido através da massa de grãos.

Esse tipo de secador recebe a denominação “colmeia” devido à disposição interna dos dutos de ar, que formam canais semelhantes a favos, promovendo melhor distribuição do fluxo de ar e maior eficiência na secagem.

Os equipamentos são compostos por:

- a) Câmara de secagem vertical metálica;
- b) Sistema de dutos perfurados (colmeia);
- c) Ventiladores de alta capacidade;
- d) Queimadores para geração de ar quente;
- e) Sistema de descarga contínua;
- f) Sensores de controle de temperatura e fluxo.



Figura 14 – Fornalha utilizada para alimentação de combustível (lenha) no sistema de secagem de grãos de soja. Fonte: Autor (2026).

Nos secadores tipo colmeia, os grãos escoam lentamente por gravidade entre as colunas, enquanto o ar aquecido é forçado a atravessar a massa de grãos de forma transversal.

O processo ocorre da seguinte forma:

- a) O ar aquecido é insuflado pelos ventiladores;
- b) O ar percorre os canais da colmeia, atravessando os grãos;
- c) O calor promove a evaporação da água contida nos grãos;
- d) A umidade é removida e conduzida para fora do sistema.

Esse sistema proporciona uma secagem mais uniforme, reduzindo pontos de superaquecimento e minimizando danos mecânicos e fisiológicos aos grãos.

O funcionamento dos secadores 1 e 2 é monitorado por um sistema automatizado composto por:

- a) Centro de Controle de Motores (CCM);
- b) Controladores Lógicos Programáveis (CLP);
- c) Interface homem-máquina (IHM).

Por meio desse sistema, o operador acompanha em tempo real:

- a) Temperatura do ar de secagem;
- b) Funcionamento dos ventiladores e queimadores;
- c) Fluxo de grãos no interior dos secadores;
- d) Rotas de transporte.

A automação permite maior precisão no controle do processo, garantindo eficiência energética e qualidade final do produto.

Durante o processo, são monitorados os seguintes parâmetros:

- a) Teor de umidade inicial dos grãos;
- b) Temperatura do ar de secagem;
- c) Tempo de permanência no secador;
- d) Teor de umidade final.

A secagem é conduzida até que os grãos atinjam aproximadamente 12% a 13% de umidade, valor considerado ideal para armazenamento seguro, evitando deterioração, proliferação de microrganismos e perdas qualitativas.es 1 e 2.



Figura 15 – Painel de controle do sistema de secagem de grãos de soja (a). Fonte: Autor (2026).

Centro de Controle de Motores (CCM) da unidade armazenadora de grãos (b). Fonte: Autor (2026)

Após a etapa de secagem nos secadores 1 e 2, os grãos de soja são conduzidos por meio de elevadores de canecas e transportadores até estruturas metálicas destinadas ao resfriamento, conhecidas como silos de resfriamento.

O resfriamento constitui uma etapa fundamental no processo pós-secagem, tendo como principal objetivo a redução da temperatura dos grãos antes do armazenamento definitivo, evitando a ocorrência de deterioração e condensação de umidade.



Figura 16 – Sistema de resfriamento dos grãos de soja após a secagem, antes do armazenamento
Fonte: Autor (2026).

As estruturas utilizadas para o resfriamento dos grãos são silos metálicos verticais, dotados de:

- a) Sistema de aeração com ventiladores;
- b) Dutos internos para distribuição de ar;
- c) Sistema de carga e descarga por gravidade;
- d) Sensores de monitoramento (quando disponíveis).

Esses silos operam como unidades intermediárias entre a secagem e o armazenamento final, permitindo a estabilização térmica da massa de grãos.

Após a secagem, os grãos apresentam temperatura elevada devido à exposição ao ar aquecido no interior dos secadores. Dessa forma, são encaminhados para os silos de resfriamento, onde ocorre a passagem de ar ambiente ou levemente condicionado através da massa de grãos.

O processo ocorre da seguinte forma:

- a) Os grãos são depositados no silo por gravidade;
- b) Ventiladores promovem a insuflação de ar ambiente;
- c) O ar atravessa a massa de grãos, retirando o calor;
- d) A temperatura dos grãos é gradualmente reduzida.

Esse processo é essencial para evitar a formação de condensação no interior dos silos de armazenamento, o que poderia comprometer a qualidade dos grãos.

O resfriamento adequado dos grãos após a secagem contribui para:

- a) Redução da atividade metabólica dos grãos;
- b) Diminuição do risco de proliferação de fungos e insetos;
- c) Prevenção da migração de umidade;
- d) Manutenção da qualidade física e fisiológica dos grãos.

Grãos armazenados ainda quentes podem gerar pontos de aquecimento (“hot spots”), favorecendo a deterioração e perdas quantitativas e qualitativas.

O processo de secagem complementar dos grãos de soja é realizado por meio de um terceiro equipamento, denominado Secador 3, conforme ilustrado na Figura 19. Este secador apresenta características construtivas mais modernas em relação aos demais, sendo utilizado principalmente para grãos destinados diretamente ao processamento industrial.

Os grãos utilizados nesse processo encontram-se previamente armazenados em armazém graneleiro, de onde são retirados conforme a demanda da unidade industrial. Esse sistema permite maior controle do fluxo operacional, possibilitando o direcionamento dos grãos para secagem conforme a necessidade de envio à fábrica.



Figura 17– Armazenamento de grãos de soja em armazém graneleiro. Fonte: Autor (2026).

Antes da secagem, os grãos são submetidos à etapa de pré-limpeza, na qual são removidas impurezas como materiais vegetais, partículas de solo, poeira e grãos quebrados. Essa etapa é fundamental para melhorar a eficiência da secagem, além de contribuir para a conservação da qualidade dos grãos e prevenir danos aos equipamentos utilizados nas etapas subsequentes (EMBRAPA, 2011).



Figura 18 – Sistema de pré-limpeza dos grãos de soja na unidade armazenadora. Fonte: Autor (2026).

Em seguida, os grãos são encaminhados ao Secador 3, onde ocorre a redução do teor de umidade por meio da passagem de ar aquecido através da massa de grãos. O equipamento opera com sistema de aquecimento indireto, utilizando cavaco de madeira como combustível, prática amplamente adotada devido ao seu menor custo e viabilidade energética no setor agroindustrial (SILVA et al., 2014).

A secagem é conduzida até que os grãos atinjam um teor de umidade entre 9% e 11%, faixa considerada adequada para o envio direto à indústria de processamento. Esse nível de umidade é inferior ao recomendado para armazenamento, pois atende às exigências do processo de esmagamento industrial, favorecendo o rendimento na extração de óleo e farelo (ELIAS, 2008).

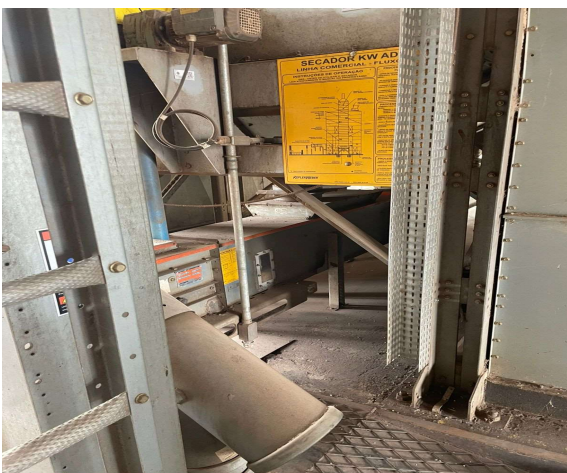


Figura 19 – Secador 3 utilizado no processo de secagem de grãos de soja. Fonte: Autor (2026).

Após a secagem, os grãos não retornam ao armazenamento, sendo encaminhados diretamente para a etapa de expedição da unidade armazenadora. Os grãos de soja, já com teor de umidade adequado entre 9% e 11%, são transportados por meio de sistemas internos, compostos por elevadores e correias transportadoras, até a área de expedição, conforme ilustrado na Figura 22.

Nesse ponto, os grãos seguem diretamente para a unidade industrial, onde serão destinados ao processamento. Ressalta-se que, nesta etapa, não ocorre novo armazenamento, caracterizando um fluxo contínuo desde o armazém, passando pela pré-limpeza e secagem, até o envio final. Dessa forma, o sistema operacional da unidade permite maior agilidade no escoamento da produção, além de contribuir para a manutenção da qualidade dos grãos, ao reduzir o tempo de permanência e os riscos associados à deterioração durante o armazenamento prolongado.



Figura 20 – Vista geral da unidade armazenadora e industrial de grãos de soja, destacando o sistema de transporte e estruturas operacionais. Fonte: Autor (2026).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados obtidos no recebimento e na secagem dos grãos de soja na unidade estudada permitiu avaliar o comportamento do teor de umidade ao longo das etapas do processo, bem como sua influência na qualidade e no destino final dos grãos.

4.1 Caracterização da soja no recebimento

Os dados de recebimento indicaram que os grãos de soja apresentaram variação no teor de umidade, com valores predominantemente entre aproximadamente 12% e 14%, embora tenham sido observados lotes com umidade mais elevada, atingindo valores próximos a 17% e 18%. Essa variabilidade está associada às condições de colheita e às características climáticas, sendo comum a recepção de grãos com teores acima do ideal para armazenamento seguro. Além disso, os níveis de impurezas observados foram relativamente baixos na maioria dos carregamentos, geralmente inferiores a 2%, indicando boa qualidade inicial da matéria-prima.

Entretanto, a presença de grãos com maior teor de umidade reforça a necessidade da etapa de secagem, uma vez que esses lotes apresentam maior risco de deterioração, devido à intensificação da atividade respiratória e ao favorecimento do desenvolvimento de microrganismos.

Nº	DT EMISSÃO	DIA	MÊS	ANO	TICKET	NF SAIDA	TIPO NOT.	CAMINHÃ	FORNECE	PESO BRU	PESO LIQ	IMPUREZ/UMIDADE	GRAOS VE	AVARIAD	QUEBRAD	
27223	17/03/2026	17	MAR	2026		76296	N	G	MATHEUS	28.300	26.404	1,30	17,90	0,60	3,40	4,30
27224	17/03/2026	17	MAR	2026		76744	N	G	ORDEVAL	38.210	37.331	1,20	15,30	0,00	3,60	4,70
27225	17/03/2026	17	MAR	2026		76559	N	C	ANTONIO	22.560	20.124	1,60	20,00	1,40	4,20	1,50
27226	17/03/2026	17	MAR	2026		76616	N	G	LEONARDI	18.790	18.452	0,40	15,20	2,40	2,80	2,90
27227	17/03/2026	17	MAR	2026		19452	N	C	AGIL - VIA	37.100	37.100	0,20	12,40	0,00	1,40	7,80
27228	17/03/2026	17	MAR	2026		19453	N	C	AGIL - VIA	38.530	38.530	0,20	12,40	0,80	1,50	8,90
27229	17/03/2026	17	MAR	2026		19454	N	G	AGIL - VIA	41.490	41.490	0,40	12,30	1,20	1,60	10,10
27230	17/03/2026	17	MAR	2026		19456	N	G	AGIL - VIA	41.230	41.230	0,40	12,50	0,00	1,50	8,70
27231	17/03/2026	17	MAR	2026		19455	N	G	AGIL - VIA	40.940	40.940	0,40	12,40	1,80	1,40	7,10
27232	17/03/2026	17	MAR	2026		19468	N	G	AGIL - VIA	53.840	53.840	0,30	12,60	0,40	1,30	5,80
27233	17/03/2026	17	MAR	2026		19469	N	G	AGIL - VIA	35.040	35.040	0,20	12,50	0,60	1,10	5,70
27234	17/03/2026	17	MAR	2026	3004971	2	N	C	FRANCISC	55.360	51.651	1,30	17,90	1,00	1,20	0,80
27235	17/03/2026	17	MAR	2026	50146771	3	N	C	FRANCISC	48.480	45.465	1,30	17,60	0,90	2,40	0,80
27236	17/03/2026	17	MAR	2026		76157	N	G	ORDEVAL	18.260	18.114	1,20	14,30	0,20	3,10	14,30
27237	17/03/2026	17	MAR	2026		76716	N	C	GESSICA N	56.300	53.451	1,10	17,00	1,60	1,40	2,00
27238	17/03/2026	17	MAR	2026		76717	N	G	GESSICA N	23.160	21.696	1,40	17,60	0,60	1,00	3,80
27239	17/03/2026	17	MAR	2026		76601	N	G	SERGIO AL	37.790	36.713	0,90	15,80	0,40	1,90	4,50
27240	17/03/2026	17	MAR	2026		76725	N	G	RONALDO	16.360	16.172	1,40	14,40	0,00	3,10	17,50
27241	17/03/2026	17	MAR	2026		75964	N	G	ORDEVAL	43.450	43.102	1,20	14,30	0,00	2,40	10,60
27242	17/03/2026	17	MAR	2026		75790	N	C	VICENTE E	7.990	7.606	0,40	16,90	0,30	0,80	6,40
27243	17/03/2026	17	MAR	2026		76627	N	G	GLADSTO	16.230	15.995	2,00	14,20	0,60	1,80	28,20
27244	17/03/2026	17	MAR	2026		76751	N	G	IGOR FALC	39.430	39.075	0,80	14,50	0,60	1,00	2,80
27245	17/03/2026	17	MAR	2026		76838	N	C	MAGALI LI	26.680	24.882	1,50	17,80	0,00	4,20	6,90
27246	17/03/2026	17	MAR	2026		75996	N	G	MARIA DA	53.440	52.612	1,20	14,80	0,60	0,80	1,00
27247	17/03/2026	17	MAR	2026		19428	N	G	AGIL - VIA	35.030	35.030	0,30	12,40	0,00	1,20	6,70
27248	17/03/2026	17	MAR	2026		19484	N	G	AGIL - VIA	39.980	39.980	0,20	12,50	0,30	0,70	3,40
27249	17/03/2026	17	MAR	2026		19492	N	G	AGIL - VIA	39.960	39.960	0,30	12,40	0,20	1,20	6,00
27250	17/03/2026	17	MAR	2026		19493	N	C	AGIL - VIA	52.180	52.180	0,40	12,30	0,00	1,60	6,90
27251	17/03/2026	17	MAR	2026		8157	N	G	AGIL - CAL	34.600	34.600	0,40	11,70	0,00	1,30	7,50
27252	17/03/2026	17	MAR	2026		8158	N	C	AGIL - CAL	52.270	52.270	0,60	12,00	0,00	2,10	6,80
27253	17/03/2026	17	MAR	2026		76637	N	C	ALTAIDES	16.180	16.180	0,50	12,90	0,00	3,10	3,50
27254	17/03/2026	17	MAR	2026		76720	N	C	SERGIO AL	54.570	53.970	1,20	14,50	0,00	3,20	11,70
27255	17/03/2026	17	MAR	2026		76722	N	G	JOAO BAT	41.740	40.780	1,20	15,30	0,00	2,40	7,90
27256	17/03/2026	17	MAR	2026		76842	N	G	LUIZ SERG	37.610	37.535	1,20	13,20	0,00	0,70	11,60
27257	17/03/2026	17	MAR	2026		76843	N	G	LEONARDI	21.610	21.610	0,50	13,20	0,00	2,10	9,40
27258	17/03/2026	17	MAR	2026		76742	N	G	SILVIO RIE	45.580	45.010	1,20	14,60	0,30	1,40	7,90
27259	17/03/2026	17	MAR	2026		76611	N	G	MARISA A	42.640	40.798	0,60	16,70	0,40	2,20	9,30
27260	17/03/2026	17	MAR	2026		76839	N	G	MATHEUS	24.650	24.021	0,40	15,70	0,80	1,00	5,20
27261	17/03/2026	17	MAR	2026		76634	N	G	SERGIO AL	44.530	43.773	1,20	15,00	0,00	3,80	4,30
27262	17/03/2026	17	MAR	2026		76533	N	C	MARKS W	37.470	37.395	1,20	13,40	0,00	0,60	19,40
27263	17/03/2026	17	MAR	2026		76239	N	G	MIKAEL M	21.600	21.114	0,30	15,40	0,40	1,20	7,10
27264	17/03/2026	17	MAR	2026		76836	N	G	NAIR LAM	35.610	34.969	1,30	14,90	0,90	1,80	5,20
27265	17/03/2026	17	MAR	2026		76900	N	C	ORDEVAL	15.840	15.840	0,30	13,80	0,00	1,60	3,10
27266	17/03/2026	17	MAR	2026		19491	N	G	AGIL - VIA	41.530	41.530	0,40	12,40	0,80	1,40	5,10
27267	17/03/2026	17	MAR	2026		19494	N	G	AGIL - VIA	34.730	34.730	0,30	12,30	0,80	1,60	6,10
27268	17/03/2026	17	MAR	2026		19503	N	C	AGIL - VIA	39.560	39.560	0,70	12,30	0,40	1,40	7,20
27269	17/03/2026	17	MAR	2026		19504	N	C	AGIL - VIA	45.190	45.190	0,30	12,30	0,00	0,80	10,10
27270	17/03/2026	17	MAR	2026		19505	N	G	AGIL - VIA	41.090	41.090	0,20	12,30	0,60	1,40	6,10
27271	17/03/2026	17	MAR	2026		19513	N	C	AGIL - VIA	33.850	33.850	0,20	12,50	3,00	1,80	9,30
27272	17/03/2026	17	MAR	2026		19506	N	G	AGIL - VIA	41.700	41.700	0,20	12,40	0,60	2,00	7,90
27273	17/03/2026	17	MAR	2026		76613	N	C	ORDEVAL	17.750	17.750	0,50	14,00	0,00	2,10	2,00
27274	17/03/2026	17	MAR	2026		76912	N	G	MATHEUS	23.500	23.477	1,10	13,90	0,00	1,00	6,90
27275	17/03/2026	17	MAR	2026		76724	N	G	LEONARDI	39.020	38.942	1,20	13,30	0,00	1,30	3,90
27276	17/03/2026	17	MAR	2026		76706	N	C	LINDA TER	36.940	35.152	1,20	16,80	0,40	3,10	0,60
27277	17/03/2026	17	MAR	2026		76927	N	G	GERALDO	37.520	33.918	4,20	18,00	0,60	1,80	5,50
27278	17/03/2026	17	MAR	2026		76689	N	C	ORDEVAL	32.570	32.472	0,80	14,10	0,00	4,30	8,10
27279	17/03/2026	17	MAR	2026		19518	N	G	AGIL - VIA	39.640	39.640	0,20	12,30	0,00	1,70	7,40
27280	17/03/2026	17	MAR	2026		19520	N	G	AGIL - VIA	35.330	35.330	0,30	12,40	0,00	1,00	6,60
27281	17/03/2026	17	MAR	2026		19521	N	C	AGIL - VIA	27.850	27.850	0,30	12,30	0,40	0,90	5,80
27282	17/03/2026	17	MAR	2026		19522	N	C	AGIL - VIA	31.840	31.840	0,30	12,30	0,80	1,40	9,60
27283	17/03/2026	17	MAR	2026		19523	N	G	AGIL - VIA	41.390	41.390	0,20	12,40	0,00	1,20	5,80
27284	17/03/2026	17	MAR	2026		19524	N	G	AGIL - VIA	28.370	28.370	0,10	12,40	1,40	0,80	5,70
27285	17/03/2026	17	MAR	2026		19525	N	G	AGIL - VIA	40.980	40.980	0,40	12,30	0,00	1,90	6,20
27286	17/03/2026	17	MAR	2026		19533	N	C	AGIL - VIA	38.580	38.580	0,40	12,30	0,50	1,50	6,70
27287	17/03/2026	17	MAR	2026		19534	N	G	AGIL - VIA	41.490	41.490	0,30	12,30	0,30	1,60	5,10
27288	17/03/2026	17	MAR	2026		19536	N	G	AGIL - VIA	41.130	41.130	0,30	12,40	0,60	1,90	9,70
27289	17/03/2026	17	MAR	2026		19546	N	C	AGIL - VIA	37.830	37.830	0,20	12,40	0,00	0,80	5,40
27290	17/03/2026	17	MAR	2026		19551	N	C	AGIL - VIA	37.240	37.240	0,30	12,40	0,20	1,40	5,20
27291	17/03/2026	17	MAR	2026		19554	N	C	AGIL - VIA	33.910	33.910	0,20	12,20	0,00	0,40	9,10
27292	17/03/2026	17	MAR	2026		19555	N	C	AGIL - VIA	39.550	39.550	0,30	12,30	0,40	1,90	9,30

Figura 21 – Planilha de controle do recebimento de grãos de soja na unidade armazenadora. Fonte: Autor (2026).

4.2 Desempenho dos Secadores 1 e 2

Nos Secadores 1 e 2, verificou-se que os grãos com maior teor de umidade na entrada, variando principalmente entre 15% e 19%, foram submetidos a um processo de secagem mais intenso. Após a secagem, os valores de umidade foram reduzidos para uma faixa próxima de 12% a 13%, considerada adequada para armazenamento.

A redução média de aproximadamente 3,2 pontos percentuais evidencia a eficiência desses secadores na remoção de água. No entanto, foram observadas oscilações ao longo do processo, com variações na umidade de saída e na temperatura dos grãos. Essas oscilações indicam que, embora o sistema seja eficiente, o processo apresenta certa instabilidade operacional, possivelmente relacionada a variações no fluxo de grãos, na temperatura do ar de secagem ou na heterogeneidade da matéria-prima recebida. Além disso, temperaturas elevadas durante o processo podem representar risco de danos físicos e fisiológicos aos grãos.

17/03/2026												
CONTROLE HORÁRIO DE SECAGEM DE GRÃOS												
HORAS LEITURA	UMIDADE				TEMP. DO GRÃO ENTRADA NO ARMAZÉM (°C)	DIRETO	DIRETO PL-1	DIRETO PL-2	TEMPERATURA		OPERADOR	OBSERVAÇÃO
	ENT. SEC. 1	ENT. SEC. 2	SAÍDA SEC1 13-13,6%	SAÍDA SEC2 13-13,6%					SECADOR-1	SECADOR-2		
1º TURNO												
6:30							12,7%	12,70%				
6:45							12,8%	12,80%				
7:00							12,70%	12,70%				
7:15							12,80%	12,80%				
7:30							13,80%	13,80%				
7:45							12,90%	12,90%				
8:00							12,90%	12,90%				
8:15							1,80%	12,80%				
8:30							12,90%	12,90%				
8:45							14,20%	14,20%				
9:00							13,80%	13,8%				
9:15							12,90%	12,90%				
9:30	15,0%		14,9%	13,2%			12,70%		120	84		
9:45	14,9%		14,5%	12,9%			13,30%		133	126		
10:00	15,5%	15,0%	13,7%	12,2%			13,40%		138	122		
10:15	15,1%	15,1%	13,6%	11,9%			13,70%		130	131		
10:30	16,1%	16,1%	13,0%	13,1%			13,1%		138	132		
10:45	16,2%	16,2%	13,1%	13,2%			13,10%		133	130		
2º TURNO												
11:00	16,1%	16,1%	12,9%	12,8%			13,10%		130	133		
11:15	16,8%	16,8%	13,0%	12,8%			13,10%		130	120		
11:30	16,6%	16,6%	13,2%	12,8%			12,90%		140	122		
11:45	18,3%	18,3%	14,0%	12,7%			13,10%		145	124		
12:00	18,3%		13,8%	13,0%			12,80%		140	126		
12:15	18,2%		13,9%	13,1%			12,90%		142	118		
12:30	18,0%		14,1%	13,2%			12,90%		135	115		
12:45	18,5%		14,1%	12,9%			13,20%		130	118		
13:00	18,4%		14,2%	13,0%			13,50%		138	120		
13:15	18,4%		14,6%	12,9%			12,90%		140	120		
13:30	16,6%		14,4%	13,1%			11,90%		140	118		
13:45	15,9%	15,9%	14,1%	13,0%			12,20%		138	120		
14:00	16,1%	16,1%	14,2%	13,3%			13,90%		132	120		
14:15	15,9%	15,9%	13,8%	12,9%			13,10%		140	128		
14:30	15,9%	15,9%	13,9%	12,9%			13,20%		138	125		
14:45	15,6%	15,6%	13,8%	12,8%			12,90%		140	120		
15:00	15,5%	15,8%	13,5%	12,8%			12,60%		142	130		
15:15	15,5%	15,5%	13,6%	12,9%			12,80%		140	128		
15:30	16,0%	16,0%	13,7%	13,4%			12,50%		138	123		
15:45	16,2%	16,2%	13,7%	13,5%			12,70%		140	121		
16:00	16,1%	16,1%	13,8%	13,5%			12,80%		140	122		
16:15	16,1%	16,1%	13,8%	13,6%			12,80%		142	120		
16:30	17,1%	17,1%	13,8%	13,5%			12,90%		135	120		
16:45	17,0%	17,0%	13,6%	13,5%			13,10%		138	110		
3º TURNO												
17:00												
17:15							13,30%	13,30%				
17:30							12,60%	12,60%				
17:45							12,50%	12,50%				
18:00							12,80%	12,80%				
18:15							12,90%	12,90%				
18:30							12,60%	12,60%				
18:45							12,90%	12,90%				
19:00							12,50%	12,50%				
19:15							12,60%	12,60%				
19:30							13,00%	13,00%				
19:45							12,80%	12,80%				
20:00							12,90%	12,90%				
20:15							12,40%	12,40%				
20:30							12,00%	12,00%				
20:45							12,60%	12,60%				
21:00							12,60%	12,60%				
21:15							12,70%	12,70%				
21:30							12,90%	12,90%				
21:45							13,10%	13,10%				
22:00							13,00%	13,00%				
22:15							12,50%	12,50%				
22:30							12,90%	12,90%				
22:45							12,70%	12,70%				
4º TURNO												
23:00												
23:15	16,0%		13,1%						90			
23:30	16,0%		13,1%						102			
23:45	17,0%		13,4%						130			
0:00	18,4%		13,4%						127			
0:15	19,0%		15,5%	12,5%					122	100		
0:30	18,1%		16,0%	12,0%					118	105		
0:45	18,0%		15,8%	12,5%					135	116		
1:00	19,2%		15,7%	12,5%					128	127		
1:15	19,3%		15,7%	12,0%					120	117		
1:30	18,9%		15,0%	12,6%					135	130		
1:45	18,6%		14,6%	13,0%					130	122		
2:00	17,9%		14,8%	13,2%					134	127		
2:15	17,8%		15,0%	13,5%					120	110		
2:30	17,8%		16,2%	13,7%					130	115		
2:45	17,8%		16,1%	13,9%					127	125		
3:00	17,6%		16,0%	13,9%					100	105		
Media	17,0%	16,2%	14,2%	13,0%			12,7%	12,8%	131,59	120,12		
			Secador : 2,8%	3,2%								

Figura 22 – Planilha de controle operacional dos Secadores 1 e 2, contendo dados de entrada e saída do teor de umidade dos grãos de soja. Fonte: Autor (2026).

4.3 Desempenho do Secador 3

O Secador 3 apresentou comportamento distinto em relação aos demais, operando com grãos que já possuíam menor teor de umidade na entrada, geralmente entre 11,5% e 12,5%. Após a secagem, os valores foram reduzidos para aproximadamente 10,0% a 10,8%, com média em torno de 10,6%. A redução média de cerca de 0,6 ponto percentual indica que esse secador atua principalmente no ajuste fino da umidade, e não na remoção intensa de água. Além disso, o processo apresentou maior estabilidade, com menores oscilações ao longo do tempo.

Essa uniformidade operacional contribui para a obtenção de um produto final mais homogêneo, característica essencial para o processamento industrial, onde a padronização dos grãos influencia diretamente o rendimento e a eficiência das etapas subsequentes.


 OLVEGO - ÓLEOS VEGETAIS DE GOIÁS LTDA SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE Controle da Umidade do Secador de Grãos Secador-3												
DATA	TURNO	HORA LEITURA	ENTRADA UMIDADE	TEMP. DO GRÃO SAÍDA DO ARMAZEM (°C)	TEMPERATURA FORNALHA (°C)	TRANSILANDO	TEMP. MASSA DO GRÃO	UMIDADE DE SAÍDA SECADOR PADRÃO 9,5% HÁ 10%	DIFERENÇA UMIDADE ENTRADA E SAÍDA	CONTÍNUO SILO - SP3	OPERADOR	OBSERVAÇÕES / PARADAS
17/03/2026	1	6:30	11,90%		75			10,20%	1,70%			
17/03/2026	1	6:45	11,80%		88			10,50%	1,30%			
17/03/2026	1	7:00	11,60%		117			10,00%	1,60%			
17/03/2026	1	7:15	11,80%		120			10,70%	1,10%			
17/03/2026	1	7:30	11,80%		117			10,80%	1,00%			
17/03/2026	1	7:45	11,90%		118			10,70%	1,20%			
17/03/2026	1	8:00	11,80%		120			10,60%	1,20%			
17/03/2026	1	8:15	11,90%		122			10,80%	1,10%			
17/03/2026	1	8:30	12,30%		120			10,70%	1,60%			
17/03/2026	1	8:45	12,30%		120			10,80%	1,50%			
17/03/2026	1	9:00	12,30%		120			10,90%	1,40%			
17/03/2026	2	11:45	12,40%		104			9,90%	2,50%			
17/03/2026	2	12:00	12,30%		109			10,20%	2,10%			
17/03/2026	2	12:15	12,50%		109			10,40%	2,10%			
17/03/2026	2	12:30	12,20%		111			10,40%	1,80%			
17/03/2026	2	12:45	12,20%		111			10,50%	1,70%			
17/03/2026	2	13:00	12,00%		115			10,50%	1,50%			
17/03/2026	2	13:15	11,50%		115			10,40%	1,10%			
17/03/2026	2	13:30	11,00%		117			10,80%	0,20%			
17/03/2026	2	13:45	11,00%		116			10,60%	0,40%			
17/03/2026	2	14:00	11,40%		116			10,80%	0,60%			
17/03/2026	2	14:15	11,40%		117			10,50%	0,90%			
17/03/2026	2	14:30	11,40%		117			10,70%	0,70%			
17/03/2026	2	14:45	11,70%		117			10,80%	0,90%			
17/03/2026	2	15:00	11,70%		117			10,80%	0,90%			
17/03/2026	2	15:15	11,70%		117			10,50%	1,20%			
17/03/2026	2	15:30	11,40%		117			10,50%	0,90%			
17/03/2026	3	18:30	11,50%		70			10,30%	1,20%			
17/03/2026	3	18:45	11,60%		85			10,40%	1,20%			
17/03/2026	3	19:00	11,80%		98			10,60%	1,20%			
17/03/2026	3	19:15	11,70%		105			10,70%	1,00%			
17/03/2026	3	19:30	12,10%		108			10,50%	1,60%			
17/03/2026	3	19:45	11,80%		107			10,60%	1,20%			
17/03/2026	3	20:00	11,70%		100			10,80%	0,90%			
17/03/2026	3	20:15	11,70%		102			10,70%	1,00%			
17/03/2026	3	20:30	11,60%		101			10,60%	1,00%			
17/03/2026	3	20:45	11,70%		100			10,80%	0,90%			
17/03/2026	4	23:15	11,50%		60			10,30%	1,20%			
17/03/2026	4	23:30	11,70%		85			10,50%	1,20%			
17/03/2026	4	23:45	11,60%		100			10,60%	1,00%			
17/03/2026	4	0:00	11,50%		106			10,70%	0,80%			
17/03/2026	4	0:15			109			10,80%				
17/03/2026	4	0:30			110			10,90%				
Media			11,77%					10,59%	0,53%			

Figura 23 – Planilha de controle operacional do Secador 3, com dados de monitoramento do teor de umidade dos grãos de soja. Fonte: Autor (2026).

4.4 Comparação entre as etapas e implicações operacionais

A comparação entre o recebimento e os processos de secagem evidencia a existência de estratégias distintas dentro da unidade. Enquanto os Secadores 1 e 2 são responsáveis pela redução mais significativa do teor de umidade, atuando sobre grãos mais úmidos, o Secador 3 opera em condições mais controladas, realizando o ajuste final da umidade.

Essa diferença operacional sugere uma separação de fluxos dentro da unidade, possivelmente relacionada ao destino dos grãos. Grãos destinados ao armazenamento necessitam atingir níveis seguros de umidade, enquanto aqueles direcionados ao processamento industrial podem exigir ajustes mais específicos, visando otimizar o desempenho na moagem e extração.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que o teor de umidade desempenha papel fundamental na qualidade e na conservação dos grãos de soja ao longo das etapas de recebimento, secagem e destinação final. A análise evidenciou que os grãos recebidos na unidade apresentaram variação significativa no teor de umidade, com presença de lotes acima dos níveis considerados seguros para armazenamento, tornando indispensável o processo de secagem.

Os Secadores 1 e 2 demonstraram elevada eficiência na remoção de umidade, promovendo reduções expressivas e adequando os grãos à faixa recomendada para armazenamento. No entanto, foram observadas oscilações durante o processo, indicando a necessidade de maior controle operacional para garantir maior uniformidade e evitar possíveis impactos negativos na qualidade dos grãos. Por outro lado, o Secador 3 apresentou maior estabilidade operacional, atuando principalmente no ajuste fino da umidade. Apesar de promover menor redução no teor de água, esse equipamento contribuiu para a obtenção de grãos com maior uniformidade, característica importante para o processamento industrial.

A comparação entre os sistemas evidenciou que cada secador desempenha funções distintas dentro da unidade, demonstrando a existência de uma estratégia operacional voltada tanto para a conservação dos grãos quanto para a otimização do processamento. Nesse contexto, o controle adequado do teor de umidade mostrou-se essencial não apenas para evitar perdas durante o armazenamento, mas também para garantir maior eficiência nas etapas industriais. Dessa forma, conclui-se que a eficiência do processo de secagem não deve ser avaliada exclusivamente pela capacidade de redução da umidade, mas também pela estabilidade operacional e pela adequação às exigências do destino final dos grãos. A integração entre as etapas de recebimento, secagem e processamento é fundamental para assegurar a qualidade do produto e maximizar o desempenho do sistema produtivo.

Por fim, o presente estudo contribui para o entendimento da importância do manejo adequado da umidade na pós-colheita da soja, destacando a necessidade de monitoramento contínuo e ajustes operacionais que permitam reduzir perdas, melhorar a qualidade dos grãos e aumentar a eficiência das unidades armazenadoras e industriais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: CONAB, 2023.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de produção de soja. Brasília: EMBRAPA, 2020.

ELIAS, M. C. Pós-colheita de grãos: sistemas e tecnologias. Pelotas: UFPel, 2003.

ELIAS, M. C. Manejo pós-colheita e armazenamento de grãos. Pelotas: UFPel, 2008.

MENDES, A. A.; PADILHA JÚNIOR, J. B. Processamento de soja e derivados. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

PUZZI, D. Abastecimento e armazenamento de grãos. Campinas: Instituto Agronômico, 2000.

SCUSSEL, V. M. Controle de fungos e micotoxinas em grãos armazenados. Florianópolis: UFSC, 2000.

SENAR – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. Armazenamento de grãos. Brasília: SENAR, 2018.

SILVA, J. S. et al. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: UFV, 2008.

SILVA, J. S. et al. Tecnologia de armazenamento de grãos. Viçosa: UFV, 2010..