

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MARINES PADUCH**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS AVARIAS DA SOJA MOÍDA NA  
SOLUBILIDADE PROTEICA DO FARELO DE SOJA**

**PONTA GROSSA**

**2022**

**MARINES PADUCH**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS AVARIAS DA SOJA MOÍDA NA  
SOLUBILIDADE PROTEICA DO FARELO DE SOJA**

**Evaluation of the influence of chushed soybean damage on the protein solubility  
of soybean meal**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Química da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientadora: Profa. Msc. Simone Bowles

**PONTA GROSSA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**MARINES PADUCH**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS AVARIAS DA SOJA MOÍDA  
NA SOLUBILIDADE PROTEICA DO FARELO DE SOJA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Química da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 08/novembro/2022

---

Simone Bowles  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Luiz Alberto Chavez Ayala  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

José Mauro Giroto  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PONTA GROSSA**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Neste momento tão especial e gratificante, venho agradecer aquelas pessoas que prestaram todo o suporte e apoio em todos os momentos da minha jornada. Agradeço primeiramente aos meus pais Ladislau e Terezinha, por serem os meus pilares e proporcionarem condições de caminhada a cada passo da minha vida.

Aos meus amigos que, em uma cidade diferente de onde meus pais se encontram, foram a minha família. Presentes em todos os momentos e compartilhando as mesmas emoções, vocês fizeram destes anos juntos, os mais felizes.

O meu profundo agradecimento à UTFPR pela oportunidade de trilhar esse caminho, e em especial a minha professora orientadora Simone Bowles pelos conselhos, suporte e toda a flexibilidade que esse período exigiu, fazendo com que todas etapas fossem concluídas da melhor forma possível.

À todos os meus professores e colegas, os quais agregaram muito, pessoal e profissionalmente. Conhecer todos vocês foi uma experiência transformadora na minha vida.

À banca examinadora pela dedicação do seu tempo, acolhimento e confiança na minha proposta de trabalho.

Do fundo do meu coração o meu muito obrigada a todos que contribuíram até aqui, levarei vocês com carinho para toda a vida!

## RESUMO

As condições climáticas para a safra de soja de 2022 geraram prejuízos em relação a produtividade e qualidade do grão. A produção vinha em ritmo de crescimento ao longo dos anos e diante deste cenário climático teve um queda significativa, porém sem afetar o mercado do farelo de soja que se manteve em crescimento. Para a proteína solúvel em hidróxido de potássio, houve uma diminuição dos índices em relação a anos anteriores. Esta, é a proteína que é absorvida pelo corpo animal após ingestão, e pode sofrer alterações devido a qualidade da matéria prima e exposição a altas temperaturas durante o processamento. Portanto, o presente trabalho avalia através de figuras gráficas a relação entre o teor de grãos avariados e a proteína solúvel, aplicando análise de dispersão dos dados através dos parâmetros estatísticos desvio padrão, variância e teste de hipóteses, teste t. Com isso, concluiu-se que os dados referentes aos dois períodos analisados possuem diferença significativa entre eles, com grandes oscilações de dados durante o tempo analisado. E a proteína solúvel apresentou variação conforme o teor de grãos avariados na soja moída, sendo mais visível para teores maiores que 6% de avariados.

Palavras-chave: Grãos, proteína solúvel, avariados, farelo de soja.

## ABSTRACT

The weather conditions for the 2022 soybean crop caused damages in terms of productivity and grain quality. The production had been growing over the years and in this climatic scenario it had a significant drop, however without affecting the soybean meal market that continued to grow. For potassium hydroxide soluble protein, there was a decrease in the rates compared to previous years. This is the protein that is absorbed by the animal body after ingestion. The soluble protein may change due to the quality of the raw material and exposure to high temperatures during processing. Therefore, the present work evaluates, through graphic figures, the relationship between the content of damaged grains and soluble protein, applying data dispersion analysis through the statistical parameters standard deviation, variance and test of hypotheses, t test. With this, it was concluded that the data referring to the two analyzed periods have a significant difference between them, with large oscillations in the result during the analyzed time. The behavior of the soluble protein presented variation according to the content of damaged grains in ground soybeans, being more visible for levels greater than 6% damaged.

Keywords: Grains, soluble protein, damaged grains, soybean meal.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Composição Do Grão De Soja.....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2 - Evolução Da Produção De Soja No Brasil.....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 3 – Exportação De Farelo De Soja No Brasil.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 4 – Exportação E Consumo Doméstico De Farelo De Soja No Brasil.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 5 – Diferenças De Grãos Avariados (A) Grão Queimado (B) Grão Mofado (C) Ardido (D) Fermentado (E) Germinado (F) Esverdeado.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 6 – Solubilidade Proteica Em Grãos De Soja Com Diferentes Defeitos.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 7 – Comportamento Da Proteína Solúvel. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 8 - Proteína Solúvel E Avariados Em 2021. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 9 - Proteína Solúvel E Avariados Em 2022.....</b>	<b>28</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Limites Máximos de Tolerância, Expressos em Porcentagem para a Soja do Grupo II.....</b>	<b>16</b>
<b>Quadro 2. Classificação do Farelo de Soja em Relação a Proteína Solúvel.....</b>	<b>19</b>
<b>Quadro 3: Dados Estatísticos sobre Proteína Solúvel e Avariados.....</b>	<b>25</b>

## LISTA DE SIGLAS

AOCS	Sociedade Americana dos Químicos de Óleo
IAU	Índice de Atividade Ureática
IN	Instrução Normativa
KOH	Hidróxido de Potássio
pH	Potencial Hidrogeniônico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.</b>	<b>A soja, efeitos climáticos e armazenamento .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.</b>	<b>Mercado para o farelo de soja.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.</b>	<b>Classificação da soja e influência na qualidade do produto final.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.</b>	<b>Solubilidade da proteína bruta.....</b>	<b>18</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.</b>	<b>Análise de solubilidade e classificação dos grãos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.</b>	<b>Parâmetros estatísticos de medidas de dispersão.....</b>	<b>23</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.</b>	<b>Confiabilidade e dispersão dos valores obtidos.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2.</b>	<b>Solubilidade proteica do farelo de soja para períodos diferentes.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3.</b>	<b>Relação entre grãos avariados processados e proteína solúvel do farelo.....</b>	<b>28</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais *Commodities* do Brasil e também um dos produtos mais importantes do agronegócio para o país, sendo o segundo maior produtor de soja, perdendo somente para os Estados Unidos com 35% e 27% da produção mundial, respectivamente. São exportados para outros países cerca de 70% da produção do grão, óleo e farelo de soja, especialmente para Ásia e Europa (GARCIA, 2020).

A safra de soja de 2021/2022 gerou prejuízos decorrentes do clima do país. A estiagem durante o crescimento da planta prejudicou o volume de produção especialmente no sul do país, com isso a comercialização ficou em ritmo inferior a última temporada e à média dos últimos 5 anos (CANAL AGRO, 2022).

O farelo de soja, produto obtido após a extração do óleo do grão da soja, é um produto com elevado teor protéico, utilizado em rações animais tanto para monogástricos como ruminantes. Com teores de proteína entre 44% e 48%, o farelo de soja é um alimento de alta aceitabilidade no mercado e pode ser usado como fonte única de proteína para o animal (GARCIA, 2020).

O monitoramento da qualidade de todas as matérias primas dos alimentos animais é de extrema importância para a garantia da qualidade dos nutrientes atribuídas a cada ingrediente. O farelo de soja, bem como os demais ingredientes, deve ser analisado quanto as suas características físico químicas e com isso garantir a qualidade de processamento (RUNHO, 2001).

A demanda por rações animais segue de forma crescente, em 2021 a produção teve alta de 4% com um volume de 85 milhões de toneladas. Para 2022 é estimado ainda um crescimento de 3,5%, projeção para fechar o ano em 88 milhões de toneladas. Um dos principais compostos das rações é o farelo de soja que mesmo com a redução na safra de soja no país nesse ano, conseguiu se manter crescente no mercado de farelo e rações (FORBES, 2022).

Durante o processamento, o farelo é submetido a processos térmicos para inibir a atividade de fatores antinutricionais nos animais. Outros fatores de qualidade devem ser advindos da qualidade do grão, uma vez que o grão não pode ser melhorado mas pode ser conservado a sua qualidade durante o processamento para obter um produto que atenda as necessidades de cada cliente.

### 1.1. Objetivo geral

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do teor de soja avariada na solubilidade proteica do farelo de soja resultante.

### 1.2. Objetivos específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos os seguintes itens:

- Elencar os fatores que influenciam na solubilidade da proteína do farelo de soja;
- Comparar a solubilidade proteica do farelo de soja no mês de agosto de 2021 e agosto de 2022;
- Avaliar o teor de proteína solúvel do farelo de soja gerado a partir de soja com diferentes graus de avarias;
- Calcular a variância da proteína solúvel, grãos avariados e realizar teste de hipótese.

### 1.3. Justificativa

O farelo de soja é produzido a partir do *crushing* (esmagamento) e expansão da soja com posterior extração por solvente hexano. Deste processo são resultantes a micela (óleo + solvente) e o farelo de soja branco. O farelo passa por dessolventização para a eliminação de resíduos de solvente, e tostagem para remoção de fatores antinutricionais. A qualidade do produto final depende de cada etapa do processamento e também da classificação da matéria prima. Neste estudo, será abordado as variações de qualidade do farelo, com foco na proteína solúvel a partir da classificação da soja e teor de avarias.

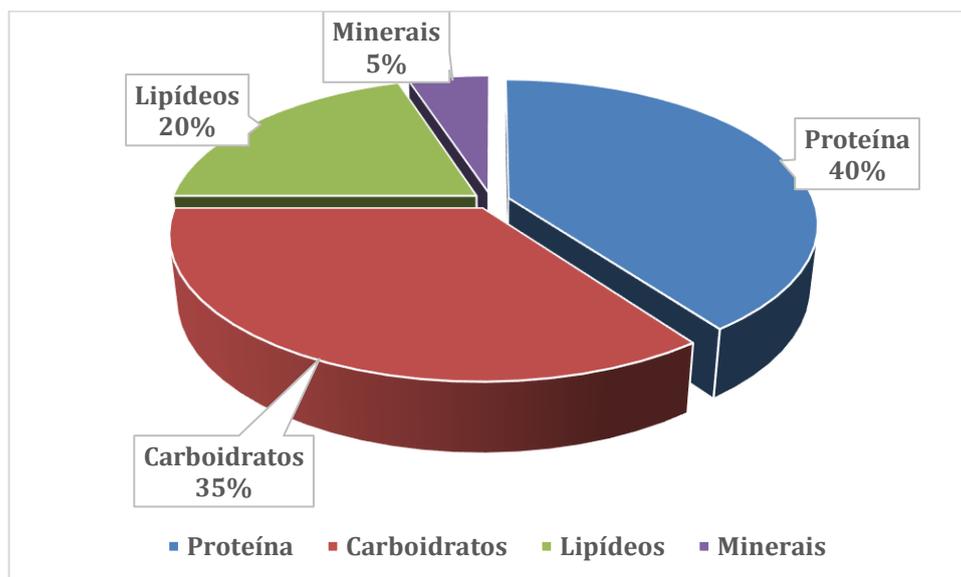
A solubilidade da proteína do farelo é fator essencial para a qualidade dos produtos gerados a partir dele, logo, um teor baixo pode acarretar na redução da qualidade final do produto e insatisfação. Dependendo do teor de soja avariada pode-se haver perda de qualidade de matéria prima afetando diretamente na solubilidade da proteína. Desta forma, a seleção da matéria prima deve atender os requisitos de qualidade do produto e manter a satisfação do cliente. Além disso, segregar o produto pode fazer com que certas exigências específicas sejam atendidas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. A soja, efeitos climáticos e armazenamento

A composição da soja, em base seca, consiste de aproximadamente 40% de proteína, 35% de carboidratos, 20% de lipídeos e 5% de minerais. A soja também, é fonte de carotenoides, compostos fenólicos e tocoferóis. A soja é destaque por possuir o mais elevado teor de proteína dentre os cereais e algumas leguminosas. O feijão, por exemplo, possui entre 20% e 30% de proteína (RAMOS, 2019). A figura 1 abaixo ilustra a composição do grão de soja.

Figura 1 - Composição do grão de soja



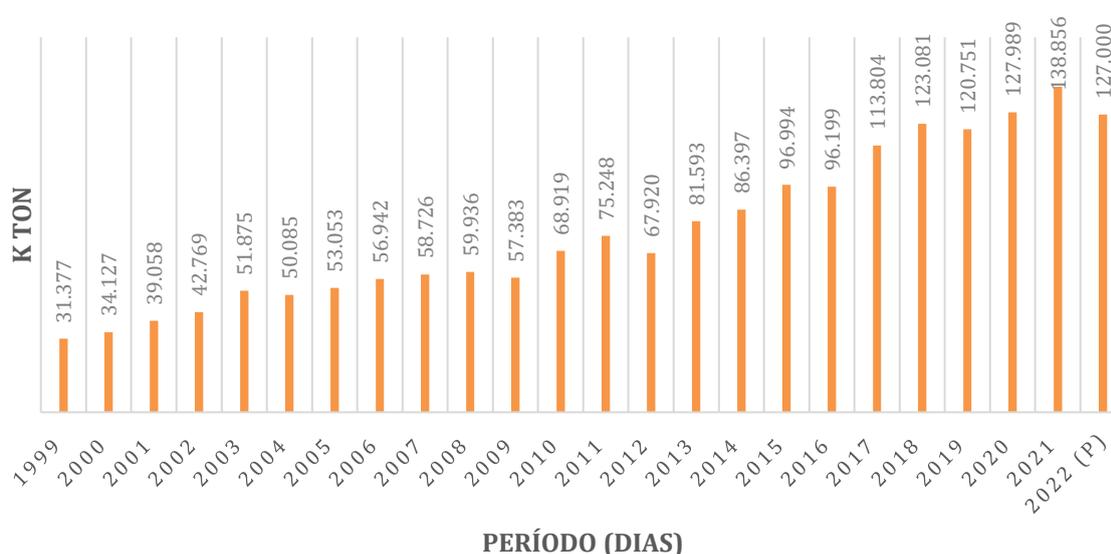
Fonte: Autoria própria, 2022.

Nos meses de novembro e dezembro, a grande maioria das plantações de soja estão em processo de floração e frutificação, necessitando de alta demanda hídrica. No ano de 2021, durante esse período, as condições climáticas apresentavam-se adversas, com altas temperaturas e escassez de chuva, e deste fato a produção de grãos de soja nesta safra ficou reduzida em comparação com a safra anterior. As condições não ideais de clima para o grão geraram aceleração do ciclo de crescimento das culturas, e em função disso, grandes áreas do campo encontraram-se em situação ruim ou regular, o que prejudicou a qualidade e

produtividade. As áreas mais afetadas foram as regiões oeste e sudoeste paranaense. De modo geral, os índices vegetativos tiveram predominância de anomalias negativas em relação aos últimos 5 anos (GROCHOSKI, 2022).

Na figura 2 em forma de gráfico, é possível observar que a produção de soja no período analisado apresenta um acréscimo a cada ano, com algumas exceções, como nos anos de 2004, 2009, 2012, 2016, 2019 e novamente em 2022, quase equiparando-se ao ano 2020. Os dados para o ano de 2022 são valores projetados atualizados já que o mesmo ainda é ano corrente (ABIOVE, 2022).

**Figura 2 - Evolução da produção de soja no Brasil.**



**Fonte: Adaptado de Abiove (2022).**

Durante a colheita da soja em 2022 houve excessos de chuva em alguns estados, como o Paraná e Minas Gerais. O grande volume de chuva que ocorreu desde o final de 2021 até metade do mês de fevereiro de 2022 atrasou a colheita do grão e impossibilitou a realização de tratamentos culturais necessários. A baixa luminosidade durante o ciclo também foi fator contribuinte para a redução da produção das lavouras (CONAB, 2022).

A soja colhida no campo pode apresentar alguns defeitos, entre os quais defeitos metabólicos. Estes, como o próprio nome sugere, são irregularidades formadas pelo metabolismo do grão e/ou em conjuntos com organismos associados. Esses defeitos promovem aspectos visuais e físico-químicos nos grãos como: grãos de soja queimados, mofados, ardidos e fermentados (RAMOS, 2019). Neste cenário

observou-se grande comercialização de produto colhido com umidade elevada, tendo que ser utilizado de secagem para o armazenamento. São aplicados métodos de secagem do grão anterior ao armazenamento e a aeração dos silos para controle da temperatura afim de inibir as reações químicas e enzimáticas e assim evitar perdas de qualidade do produto (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2017).

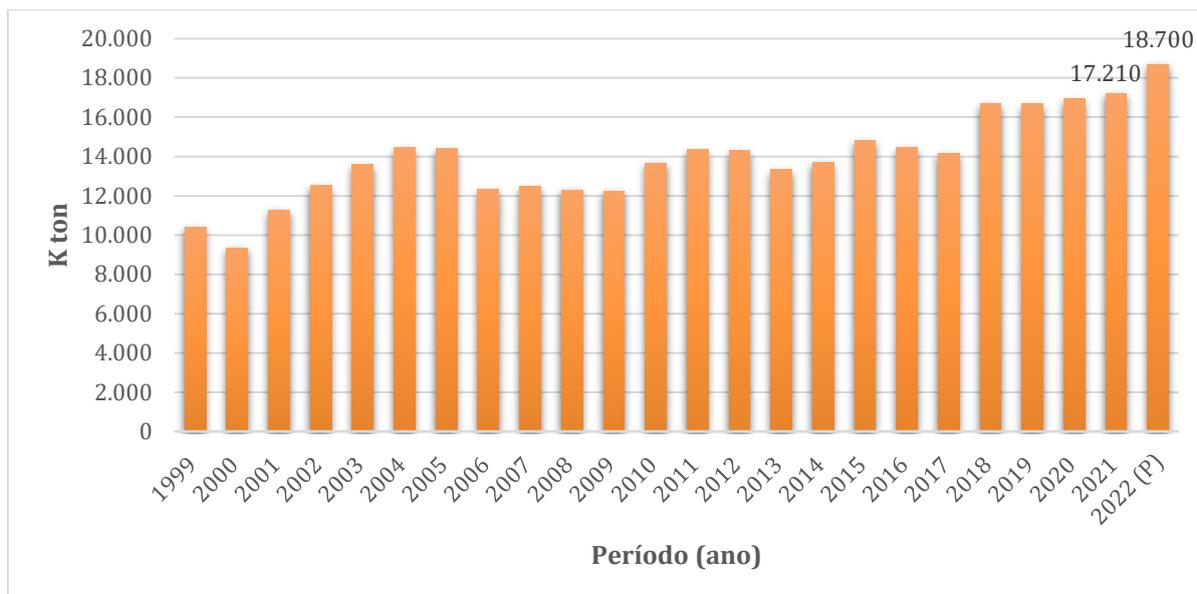
No armazenamento, quanto maior o teor de água nos grãos, menor é a estabilidade, e com isso, maior a propensão para a deterioração por ação de microrganismos como bactérias, leveduras e mofos; e também maior a facilidade para ocorrência de reações enzimáticas e não enzimáticas. Outros fatores que podem interferir na taxa de degradação são a temperatura e umidade relativa do ar, sendo comumente armazenada por no máximo até um ano (POHNDORF, 2012).

A colheita de grãos é sazonal, obrigando a armazenagem do grão para que possa ser utilizado durante todo o ano, sendo fundamental a secagem até cerca de 12% de umidade, para evitar a deterioração. Quanto mais deteriorada a matéria prima, mais difícil e dispendioso se torna atingir a qualidade demandada nos produtos (PEREIRA; CASTRO, 2015).

O setor de moagem é responsável pela produção de farelo e óleo de soja. Nesta etapa, a soja é primeiramente moída, condicionada e expandida para então ser enviada para a extração do óleo. Da extração do óleo obtém-se o farelo de soja que é tratado termicamente e adequado quanto ao teor de umidade para então comercialização e uso em rações e aditivos animais.

## **2.2. Mercado para o farelo de soja**

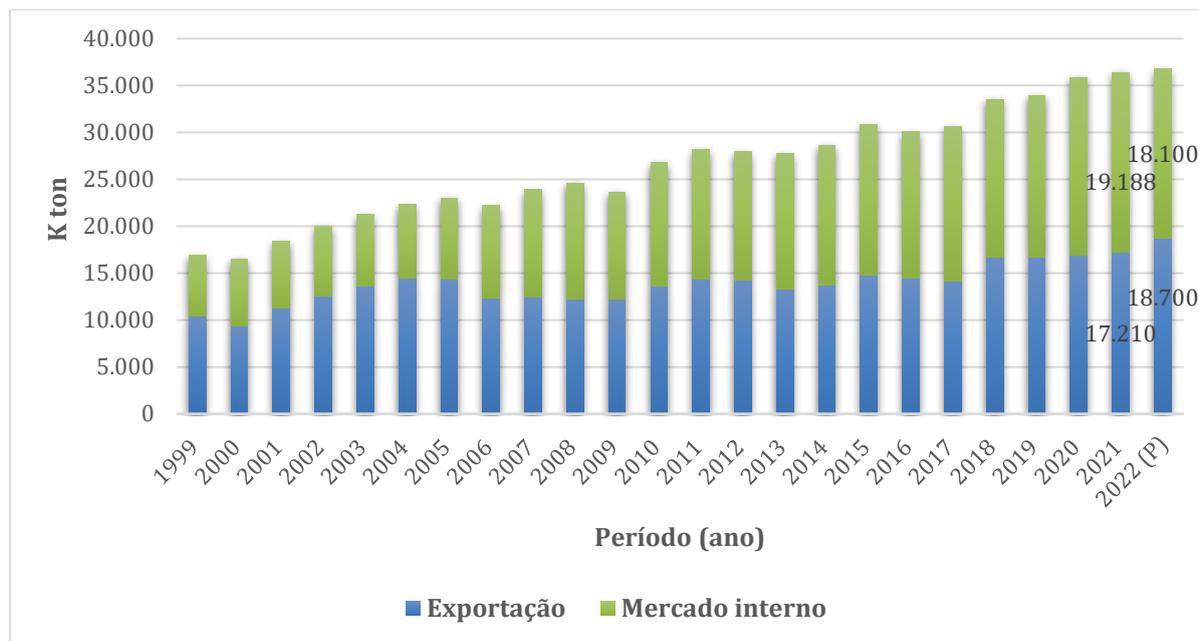
O mercado para o farelo de soja tem apresentado um crescimento quase contínuo ao longo dos anos com poucos períodos de estagnação, conforme pode ser observado na Figura 3. No primeiro semestre de 2022 o Brasil obteve novo recorde na exportação de farelo. O aumento foi de 28% em relação ao mesmo período do ano anterior e 21% em relação ao último recorde realizado em 2018. As principais regiões importadoras do farelo brasileiro são a União Europeia, Indonésia, Tailândia e Vietnã (SIQUEIRA, 2022). Na figura 3 é possível observar a evolução da exportação de farelo de soja no período de 1999 a 2022, em milhões de toneladas.

**Figura 3 – Exportação de farelo de soja no Brasil.**

**Fonte: Adaptado de Abiove (2022).**

A ABIOVE (Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais) espera que 2022 termine com exportação de 18,7 milhões de toneladas de farelo, superando recorde de 2021. A evolução nas exportações de farelo brasileiro é parcialmente explicado pela queda na exportação dos grãos de soja e pelo aumento do esmagamento em cerca de meio milhão de toneladas (SIQUEIRA, 2022).

Em contrapartida o consumo interno de farelo de soja no Brasil caiu desde o ano anterior. A ABIOVE relata que o mercado doméstico deve cair 1,1 milhão, com volume menor desde 2019 (SIQUEIRA, 2022). Na Figura 4 pode ser observado os volumes de exportação e uso interno de farelo de soja a partir dos anos 1999.

**Figura 4 – Exportação e consumo doméstico de farelo de soja no Brasil.**

Fonte: Adaptado de Abiove (2022).

Observa-se na Figura 4 que a expectativa para 2022 em consumo doméstico seja de 18,1 milhões de toneladas contra 19,2 milhões de toneladas para 2021. Porém, a soma do volume enviado para mercado doméstico e para exportação ainda está maior que nos anos anteriores.

### 2.3. Classificação da soja e influência na qualidade do produto final

Em estimativa, do total de alimentos processados, 60% contem soja em sua formulação quando em análise da composição química. Portanto, além do uso na alimentação animal, a soja é utilizada na nutrição humana em razão das propriedades funcionais, bioativas e nutricionais. Dentro os alimentos com estas propriedades podem ser citados os molhos, tofu, massas e fonte de proteína para vegetarianos e veganos (RAMOS, 2019).

Tendo em vista que na composição química da soja a proteína é o componente majoritário, conhecer a influência de fatores ambientais e operacionais no processamento da soja é de suma importância. Quimicamente as proteínas são macromoléculas formadas a partir de um conjunto aminoácidos ligados entre si através de ligações peptídicas. Em determinadas condições como mudanças de temperatura, pH (potencial hidrogeniônico) e tempo de armazenagem em condições

inapropriado, pode ocasionar perda da estrutura ou sua desnaturação, glicosilação e fortalecimento das pontes dissulfídicas. A desnaturação diminui a solubilidade das proteínas e leva a perda das funções nos organismos (RAMOS, 2019).

Dentre os compostos bioativos presentes no grão de soja, as isoflavonas estão relacionados diretamente com sua qualidade e podem ter alteração em sua estrutura considerando o genótipo da planta, manejo da cultura, condições ambientais e nas operações pós-colheita (RAMOS, 2019).

Ramos (2019) realizou testes em grãos avariados e constatou que os teores de proteína bruta não sofreram alterações significativas mas a proteína solúvel sofreu grandes reduções, especialmente para grãos submetidos a umidade e temperatura.

A Instrução Normativa (IN) 11, de 16 de maio de 2007 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (ARAUJO, 2017), classifica os grãos de soja em grupos em função da coloração e percentuais de defeitos em grãos. O grupo 1 é destinado ao consumo *in natura*, e o grupo 2 destinada a outros usos, seja o esmagamento ou alimentação animal direta. São estabelecidos também os limites máximos de tolerância de soja fora do padrão. O quadro 1 pode ser observado os limites aceitos para comercialização do grupo 2.

**Quadro 1 – Limites máximos de tolerância, expressos em porcentagem para a soja do grupo II.**

Tipo	Avariados				Esverdeados	Partidos, quebrados e amassados	Total de matérias estranhas e impurezas
	Total de ardidos e queimados	Máximo de queimados	Mofados	Total			
<b>Padrão básico</b>	4,0	1,0	6,0	8,0	8,0	30,0	1,0

Fonte: Adaptado de ARAUJO (2017).

A classificação vegetal é a forma de avaliar e qualificar um produto por comparação entre amostra coletada e os padrões oficiais estabelecidos por órgãos oficiais do governo. Este parâmetro além da determinação das qualidades intrínsecas e extrínsecas, quando fora do especificado pode afetar o valor do produto, gerando descontos (ARAUJO, 2017).

No Quadro 1 pode ser observado o conceito de grãos avariados, os quais incluem aqueles grãos queimados, ardidos, fermentados, mofados, danificados,

germinados, imaturos e/ou chochos separando dos defeitos leves como grãos esverdeados, quebrados, partidos e amassados (ARAUJO, 2017).

A diferença entre os grãos pode ser observado de forma visual através da mudança de coloração. Na Figura 5 é possível observar essas diferenças para as principais avarias.

**Figura 5 – Diferenças de grãos avariados**



**(a) Grão queimado**



**(b) Grão mofado**



**(c) Ardido**



**(d) Fermentado**



**(e) Germinado**



**(f) Esverdeado**

Fonte: ARAUJO (2017).

Por definição da legislação, os grãos queimados são grãos inteiros ou

pedaços de grãos carbonizados, os grãos mofados se apresentam visivelmente com fungos (bolor ou mofo), os ardidos são visivelmente fermentados e com coloração marrom ou escura afetando a polpa, e os fermentados são diferenciados dos ardidos avaliando-se a cor do cotilédone. Quando o cotilédone sofre alteração de cor é classificado como fermentado (HARA; GONELI; CANEPPELE; CANEPPELE, 2022).

Os grãos esverdeados tem seu desenvolvimento fisiológico completo e apresentam coloração totalmente esverdeada, caso seja parcialmente esverdeado não é caracterizado como grão esverdeado. E, os grãos germinados diferenciam-se por apresentar visivelmente a emissão da radícula (HARA; GONELI; CANEPPELE; CANEPPELE, 2022).

#### **2.4. Solubilidade da proteína bruta**

Proteínas são componentes de grande importância as células vivas e estão relacionadas as funções fisiológicas. Quando ingeridas são absorvidas e desempenham funções na composição dos músculos corporais ou transformação em energia, também constituem a massa magra e por esse motivo são indispensáveis na dieta. As proteínas geram mais saciedade quando em comparação com carboidratos ou gorduras, se tornando protagonistas nas estratégias de controle de peso, inclusive a proteína proveniente da soja se mostra de alta qualidade na redução de gordura corporal (QUIROGA, 2014).

Para determinação da qualidade do farelo final de soja alguns parâmetros são verificados, tais como: umidade, proteína bruta, teor de fibra, urease e proteína solúvel.

A umidade do farelo, que impacta na conservação durante o armazenamento e no peso do produto; o percentual de proteína bruta, um dos mais importantes parâmetros, sendo o principal requisito de valor ao produto, bem como o teor de fibra, visto que o nível proteico é variável e o ajuste pode ser realizado com a retirada ou inclusão de casca durante o processamento da matéria prima como fonte de fibra. Pelo balanço de massa quanto maior o teor de fibra, menor o percentual de proteína, podendo ajustar assim o percentual de proteína desejado independente da qualidade intrínseca da soja (BONFIM, 2021).

Nem toda a proteína contida no farelo é digerida e absorvida pelos animais. Para quantificar a proteína absorvida pelo animal tem-se a análise de proteína

solúvel, a qual é realizada em hidróxido de potássio (KOH). Esta é uma metodologia com realizada com o intuito de avaliar a qualidade do farelo de soja processado (RUNHO, 2001).

A proteína solúvel é a quantidade que está disponível para absorção pelo animal do total de proteína bruta. O tratamento térmico do farelo durante o processamento pode afetar a digestibilidade de alguns aminoácidos, em especial a lisina, um importante composto para a alimentação de suínos. Quanto maior a temperatura a que é exposto o farelo, mais caramelado se apresenta a coloração, isso devido ao pigmento melanodina, onde os açúcares redutores e aldeídos sofrem reações. Ao contrário, um tratamento térmico fraco indica um sub aquecimento (BELLAVÉR; SNIZEK, 1999).

As proteínas não suportam grandes oscilações de temperatura no meio em que se encontram, quando ultrapassado esse limite de calor a proteína sofrerá mudanças em sua estrutura. No caso de um sub aquecimento, os fatores antinutricionais do farelo de soja não são desativados e causam interferência no processo digestivo de aves e suínos. O conteúdo energético pode ter variações pelo conteúdo de fibra, um farelo sem casca apresenta maior conteúdo digestível que um farelo adicionado de casca de soja. O residual de óleo também pode afetar o conteúdo energético, sendo que geralmente o farelo contém entre 0,75% e 1,5% de óleo (BELLAVÉR; SNIZEK, 1999).

Para identificar um sub aquecimento, o qual também pode ser nomeado como sub processamento, é utilizado o método baseado no índice de atividade ureática (IAU). Esta análise é baseada no princípio de que o calor desnatura a urease e inibidores de tripsina proporcionalmente, ocorre a liberação de amônia da uréia através da ação da enzima urease da soja. Esse processo causa mudança no pH da solução, sendo expresso como um índice, o índice de atividade ureática (BELLAVÉR; SNIZEK, 1999).

A solubilidade em KOH de uma proteína depende da distribuição e proporção dos grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, ou seja, polares e apolares. As moléculas interagem entre si com pequenos íons de cargas opostas e com água, já que as proteínas possuem muitos grupos carregados positiva e negativamente advindos de cadeias laterais dos aminoácidos (RAMOS, 2019).

Como quesito de classificação do farelo de soja em relação ao teor de proteína solúvel, é considerado um produto bom aquele que tem solubilidade igual ou

superior a 80%. Já aqueles que apresentam proteína solúvel menor que 80% é considerado razoável ou deficiente (RUNHO, 2001). O quadro 2 abaixo mostra a classificação padrão no mercado do farelo de soja.

**Quadro 2. Classificação do farelo de soja em relação a proteína solúvel.**

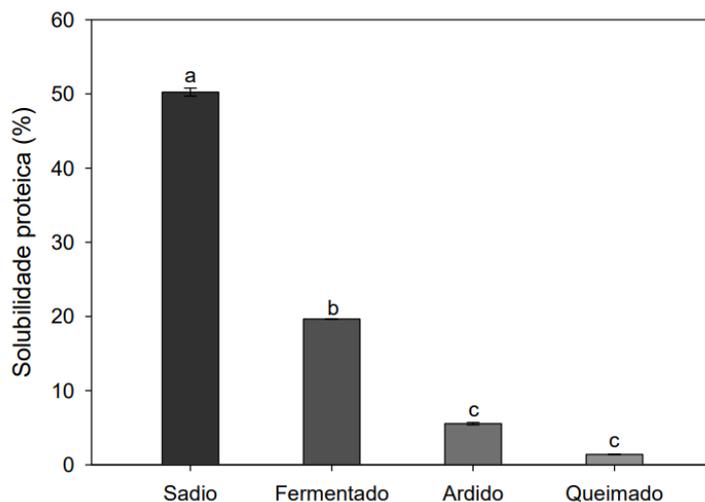
<b>Classificação</b>	<b>Solubilidade em KOH</b>
Excelente	>85%
Bom	80% à 85%
Razoável	75% à 80%
Deficiente	<75%

**Fonte: Adaptado de Runho (2001).**

Existem alguns fatores que fazem com que a solubilidade em KOH seja baixa, como por exemplo, a exposição prolongada à temperaturas elevadas. O grão de soja pode apresentar 100% de proteína bruta solúvel em sua composição, mas caso durante o processamento o produto ficar submetido a tratamentos térmicos elevados, notamos uma queda da solubilidade proteica e conseqüente diminuição na disponibilidade de proteína e aminoácidos para a alimentação animal. O tratamento térmico é realizado para melhorar extração do óleo e no farelo para inibir os fatores antinutricionais presentes naturalmente e que prejudicam a digestão pelo animal (RUNHO, 2001).

Outro fator importante para a solubilidade é a qualidade e seleção da matéria prima. Ramos (2019) realizou um estudo sobre a solubilidade proteica da soja bruta, foram classificados os grãos de acordo com a IN 11 quanto aos grãos sadios, fermentados, ardidos e queimados. Os grãos correspondentes a cada grupo foram moídos e realizados análises de solubilidade. Os resultados são apresentados na Figura 1 abaixo.

**Figura 6 – Solubilidade proteica em grãos de soja com diferentes defeitos.**



**Fonte: Ramos (2019).**

Após as análises, Ramos (2019) constatou que os grãos de soja sadios apresentaram maior solubilidade proteica em relação aos grãos fermentados, ardidos e queimados, respectivamente. É possível observar que os grãos queimados tem proteína solúvel próximo de 0%, ardidos 5%, fermentados 20% enquanto os grãos sadios apresentam 50% de proteína solúvel. Se a matéria prima em questão possui valores baixos de proteína solúvel, o produto no caso o farelo, também terá um índice baixo de solubilidade proteica.

A solubilidade proteica é reconhecida como um dos melhores métodos para avaliação do superprocessamento e portanto generalizada nas indústrias de rações para qualificação do farelo de soja, pois está diretamente ligado ao ganho de peso corporal animal (BELLAVÉR; SNIZEK, 1999).

### 3. METODOLOGIA

Este estudo é uma pesquisa aplicada quantitativa porque é motivada pela necessidade de resolução de problemas reais analisados através de dados numéricos. Quanto aos fins, é um estudo exploratório descritivo, uma vez que os problemas aqui apresentados não estão totalmente compreendidos e são expostas características dos fenômenos alvo deste trabalho. Quanto aos meios, o estudo é classificado como pesquisa de levantamento, em que foi definida uma amostra de dados para tratamento estatístico e analítico.

A origem do tema do estudo tem origem da percepção por uma empresa processadora de soja na região de Ponta Grossa, de teores de proteína solúvel significativamente menores do que o histórico dos anos anteriores. Após a identificação do problema foi realizada análise minuciosa das operações unitárias do processo, que não indicou nenhuma alteração térmica significativa, capaz de interferir no resultado da proteína solúvel.

Tendo em vista que o estudo do processamento indicou que não houve alteração nas operações capazes de interferir no resultado final da proteína solúvel, a hipótese para este estudo centrou-se na qualidade do grão de soja e dentro deste grãos avariados.

Em muitas regiões de plantio de soja, no momento previsto para a colheita, ocorreu um período de chuvas intensas acima do normal. Com isso, a soja foi colhida com umidade relativamente alta resultando em dificuldade para o ajuste ideal de umidade pré armazenamento. Níveis maiores de umidade requerem mais energia e tempo de residência dos grãos dentro do secador para atingir os parâmetros ideais ou até mesmo a necessidade de dupla secagem, podendo atrasar o recebimento de descarga de soja durante a safra (CONAB, 2022).

A problemática climática durante a colheita favoreceu o armazenamento com teores maiores de umidade e a reação dos grãos, surgindo avarias decorrentes de fermentação durante o processo de colheita até o processamento dos grãos em vários armazéns, especialmente do Paraná (CONAB, 2022).

O processo de elaboração do instrumento de pesquisa se apresenta pela coleta dos dados numéricos resultantes de análises laboratoriais em dois períodos diferentes, agosto de 2021 e agosto de 2022. As análises com execução a partir de amostras do processo da própria planta, em seguida, a realização do tratamento dos

dados através do teste de hipótese e efeito de comparação das solubilidades proteicas obtidas, seguido do cruzamento com o teor de grãos avariados moídos durante esse período para fins de estudo de comportamento.

### **3.1. Análise de solubilidade e classificação dos grãos**

A proteína solúvel, aquela disponível para absorção pelo animal, foi determinada pelo método oficial *American Oil Chemists' Society* (AOCS) ou, em português, Sociedade Americana dos Químicos de Óleo. As análises foram realizadas em laboratório próprio da empresa junto a planta, utilizando solução de KOH 0,2%, equivalente a 0,036 M.

A análise se dá pela agitação magnética da solução de farelo de soja moído em hidróxido de potássio e posterior decantação. O material decantado é colocado em centrífuga e em seguida fica por uma hora em estufa. A matéria resultante desse procedimento é levada para análise da proteína, bem como uma parte da amostra de farelo moído. Para finalmente obter-se a proteína solúvel, é realizada a divisão da proteína obtida da amostra solubilizada em KOH pela proteína da amostra do farelo moído e multiplicado pelo número cem (LECO CORPORATION).

Para análise de grãos avariados, foi coletado 100 gramas de amostra de hora em hora durante um período de 24 horas, após foi realizada a homogeneização e nova separação de 100 gramas do total coletado. Foi realizado o corte na metade dos grãos e classificação conforme coloração apresentada em cada grão, seguindo a Instrução Normativa (IN) 11, de 16 de maio de 2007 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (ARAUJO, 2017). Após a classificação por coloração, a amostra de avariados foi pesada e realizado o cálculo percentual, todo o procedimento foi executado por profissional treinado dentro da planta da empresa.

### **3.2. Parâmetros estatísticos de medidas de dispersão**

Em análise de um agrupamento de resultados é importante saber como estas observações estão distribuídas dentro do estudo, as médias apesar de sua importância, tendem a mostrar uma análise superficial e nem sempre representa todo o conjunto. As médias aritméticas podem ser iguais e ao mesmo tempo, possuir valores distribuídos de maneiras diferentes. Para entender como os dados estão

dispersos ou próximos uns dos outros foram utilizados os parâmetros estatísticos de variância, desvio padrão e erro padrão (BASTOS; DUQUIA, 2007).

A variância considera todos os valores de uma distribuição para o seu cálculo, esta é calculada pela fórmula abaixo:

$$s^2 = \frac{\sum(x - \bar{X})^2}{(n - 1)}$$

Onde,  $s^2$  é a variância,  $x$  são os valores observado,  $\bar{X}$  é a média aritmética dos valores e  $n$  o tamanho da amostra estudada (BASTOS; DUQUIA, 2007).

O desvio padrão estima o quanto em média, cada valor se distancia da média aritmética de uma distribuição e possui a vantagem de preservar a unidade original de mensuração, o que não ocorre na variância (BASTOS; DUQUIA, 2007). A fórmula utilizada é mostrada abaixo onde  $s$  é o desvio padrão:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{X})^2}{(n - 1)}}$$

O erro padrão é a medida de variação de uma média amostral em relação a média dos dados observados, sendo útil para verificar a confiabilidade da média calculada. Para o cálculo do erro é preciso dividir o desvio padrão pela raiz quadrada do tamanho amostral (BASTOS; DUQUIA, 2007).

O teste t de Student foi usado para testar a comparação entre as médias, o qual averigua se a média é diferente de um valor de referência ou da média da população. Como conclusão podemos obter a hipótese nula, a qual é uma afirmação de que o parâmetro populacional deve ser testado e na hipótese alternativa aceita-se como provavelmente verdadeiro que existe diferença entre as médias. Utilizou-se a hipótese alternativa bilateral para detectar se o parâmetro dos resultados diferem em qualquer direção (JUNIOR, 2022). O valor de t foi calculado pela fórmula abaixo:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Onde,  $t$  é o valor do teste  $t$ ,  $\bar{x}$  é a média da primeira amostra,  $\mu$  é a média da amostra em comparação,  $s$  representa o desvio padrão do conjunto de dados e  $n$  o número de amostras (JUNIOR, 2022).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas seções seguintes serão apresentados os gráficos e análises dos dados obtidos para o mesmo período da safra para anos diferentes, no mês de agosto de 2021 e agosto de 2022.

### 4.1. Confiabilidade e dispersão dos valores obtidos

Alguns parâmetros estatísticos de medidas de dispersão como a variância, desvio padrão e erro padrão foram aplicados sobre os dados gerando resultados baseados nas médias obtidas para os dois períodos analisados. O quadro 3 ilustra os valores encontrados de desvio padrão, variância e erro padrão baseado no valor médio de cada período em particular (BASTOS; DUQUIA, 2007).

**Quadro 3: Dados estatísticos sobre proteína solúvel e avariados**

Variável	2021		2022	
	Proteína Solúvel	Avariados	Proteína Solúvel	Avariados
Média	83,59%	4,80%	75,14%	6,81%
Desvio padrão	2,28%	0,54%	3,38%	0,82%
Variância	5,21%	0,29%	11,44%	0,67%
Erro padrão	0,44%	0,10%	0,61%	0,15%

Fonte: Autoria própria (2022).

Diante dos dados estatísticos é possível diferenciar os resultados para 2021 e 2022. A dispersão dos valores em relação ao valor médio é maior para o ano de 2022 comparado ao ano anterior, característica visualizada através do desvio padrão e variância maior indicando que em 2021 a solubilidade se mostrou mais homogênea. Da mesma forma o período para 2021 se mostrou com média mais confiável em comparação com os valores do ano seguinte.

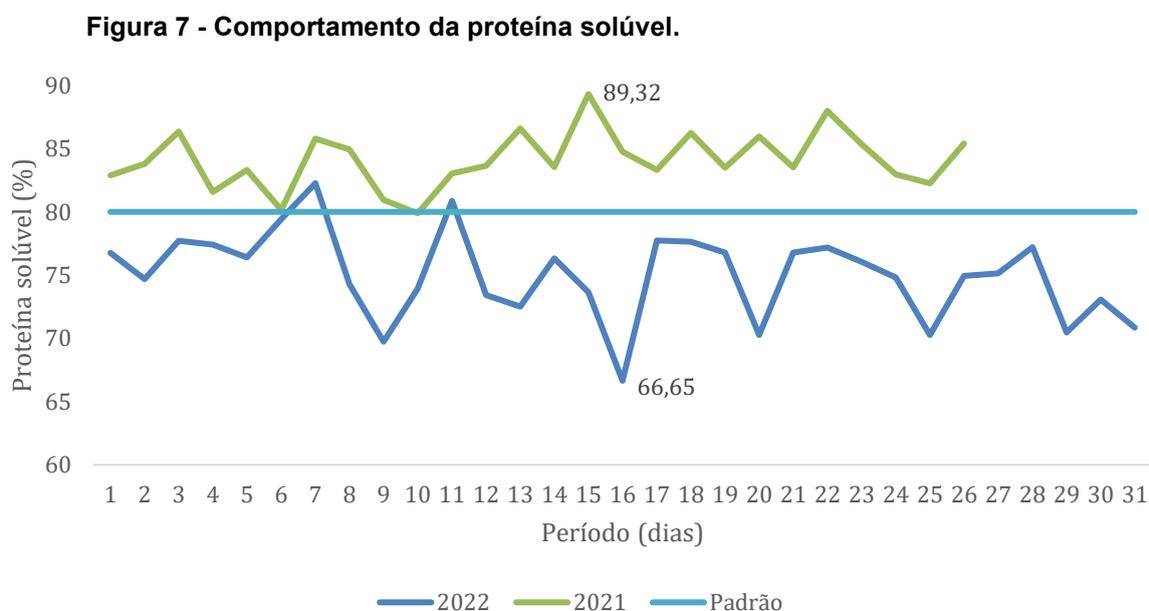
Considerando um nível de confiança de 95% para um grau de liberdade, realizou-se o teste de hipótese nomeado teste t, obtendo 2,060% para t onde o Pvalor, 0,039398%, encontrado foi menor que o nível de significância 0,05%, e portanto, o teste rejeita a hipótese nula e sugere-se a hipótese alternativa, onde propõe a existência da diferença entre as duas médias para as solubilidades proteicas referente aos períodos avaliados.

Em síntese, existe uma dispersão em torno da média para os valores

encontrados dado que são resultados laboratoriais de uma situação real, não considerando o estado ideal. Porém, a credibilidade se mantém ao analisar variações pequenas podendo ser desconsideradas para demais análises de comportamento de curva, e comprova-se estatisticamente a diferença de dados entre os dois períodos.

#### 4.2. Solubilidade proteica do farelo de soja para períodos diferentes

A figura 7 ilustra os resultados em forma gráfica. A linha em azul claro representa o valor padrão de solubilidade proteica, enquanto as linhas azul escuro e verde compreendem a solubilidade encontrada para o mês de agosto dos anos de 2022 e 2021, respectivamente.



**Fonte: A autora (2022).**

Analisando o gráfico é possível notar a disparidade entre os dois períodos analisados. Em agosto de 2022 obteve-se valores em sua maioria inferiores ao padrão de 80%, somente em dois dias (dia 07 e dia 11) os valores ficaram acima do padrão, em 82,27% e 80,88%, nesta ordem. O menor valor encontrado também ocorreu em 2022, com 66,65% conforme aponta a figura.

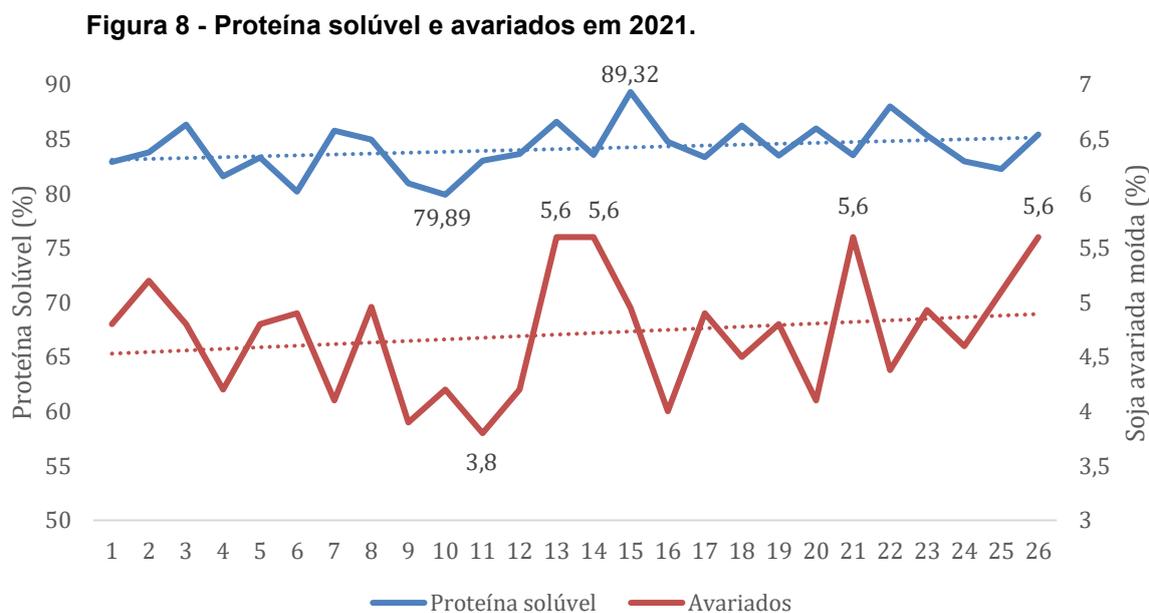
Em 2021 tem-se um cenário oposto, os valores estão acima do padrão estabelecido de 80% e somente em uma das análises apresentou 79,89%, valor inferior porém ainda muito próximo do procurado. O segundo menor valor foi de

80,16%, chegando até o valor superior encontrado de 89,32%.

Pode-se considerar que os resultados para 2021 ficaram entre bons e excelentes, enquanto em 2022 ficou entre razoável à deficiente. Outro ponto notável refere-se a oscilação dos resultados, em agosto do ano em questão obteve-se um deslocamento maior dos resultados de uma análise para outra, enquanto a curva para 2021 se deu de forma mais suave e com menor oscilação em torno da média.

#### 4.3. Relação entre grãos avariados processados e proteína solúvel do farelo

A figura 8 ilustra os resultados das análises em forma gráfica para agosto do ano de 2021. Os valores elucidados são referentes a proteína solúvel e o teor de grãos avariados moídos em azul e laranja, respectivamente. No eixo da direita encontra-se os valores para a soja avariada e no eixo à esquerda a proteína solúvel para o período em questão.



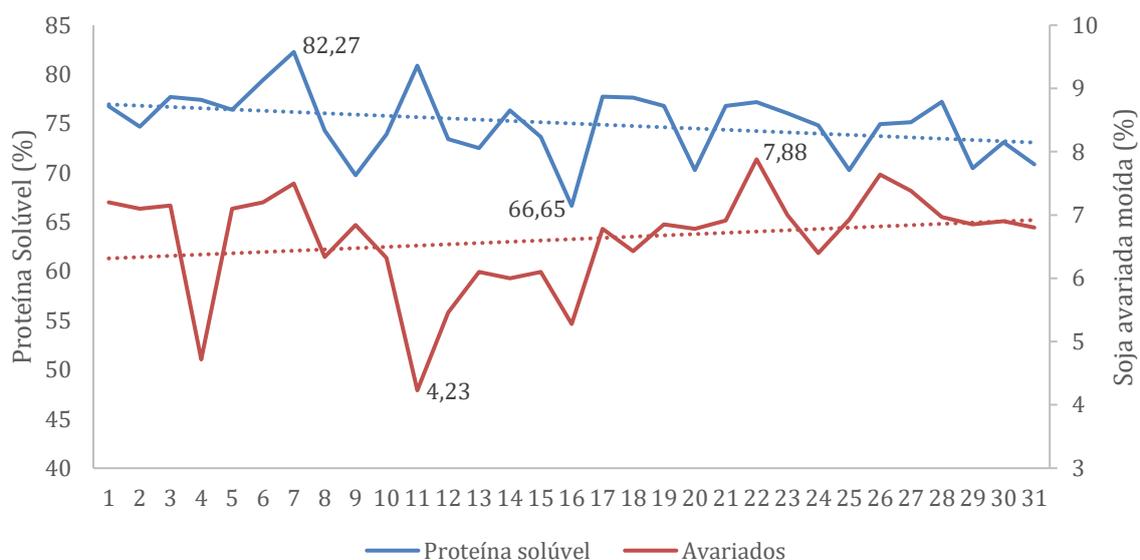
Fonte: A autora (2022).

Por meio da análise gráfica da figura 8 tem-se duas linhas de tendência sutilmente crescentes, e com resultados de avariados com menor valor de 3,8% e maior valor de 5,6% com repetição de quatro vezes aleatórias durante o período analisado. Observa-se pouca ou nenhuma relação entre as duas curvas, indicando para este caso, outros fatores tiveram interferência na solubilidade proteica podendo

ser oscilações de processo de produção ou mesmo mudança da proteína solúvel da matéria prima soja.

Na figura 9 os dados de forma gráfica para agosto do ano de 2022. Os resultados ilustrados são referentes a proteína solúvel e o teor de soja avariada moída em azul e laranja, nesta ordem. No eixo da direita encontra-se os valores para a soja avariada e no eixo à esquerda a proteína solúvel para um período de 31 dias.

**Figura 9: Proteína solúvel e avariados em 2022.**



**Fonte: A autora (2022).**

Neste caso, observa-se valores de solubilidade proteica inferiores aos resultados de 2021 mostrados na figura 9 e teor de grãos avariados maiores para o mesmo período. Um comportamento tendencioso inversamente proporcional para as duas grandezas apresentadas é visto, via de regra não é seguido de forma proporcional e máxima, bem como quando analisado pelo valor padrão de 80% em sua grande totalidade apresenta resultados inferiores.

## 5. CONCLUSÃO

Em análise do estudo realizado observa-se grande disparidade dos resultados para cada período analisado, as amostras não seguem um parâmetro linear tendo grandes oscilações durante o tempo analisado. Em 2022, os valores de solubilidade proteica ficaram em sua maioria menores do que o padrão estabelecido e em 2021 se apresentaram em sua maioria superiores ao padrão.

O teor de grãos avariados no ano de 2022 se apresentou significativamente alto em relação ao ano anterior, resultado de uma safra com escassez de chuva durante a floração e excesso de umidade durante a colheita acarretando em defeitos de qualidade do grão e redução da produtividade.

Foi possível observar através das figuras gráficas que a solubilidade da proteína tende a sofrer alteração conforme teores percentuais de avariados na soja moída. Porém, para agosto de 2021 onde o teor de avariados ficou abaixo de 6%, não foi possível visualizar relação direta entre os resultados. Essa relação sugere que para avariados maiores que 6% na soja, a proteína do farelo tende a apresentar valores menores que o padrão estabelecido.

Considerando que a solubilidade proteica pode apresentar valores maiores ou menores, a depender da classificação do grão e tratamento térmico ao qual o farelo foi submetido e que para os dois períodos analisados a temperatura e tempo de residência do produto em aquecimento não tiveram alterações, conclui-se que o teor de avariados foi fator que influenciou negativamente a proteína solúvel.

## REFERÊNCIAS

ABIOVE. Estatística. São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://abiove.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 05. Out. 22.

ARAUJO, Bruno Henrique A.. Grãos: Classificação de soja e milho. **Coleção SENAR**, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/178-GR%C3%83OS.pdf>>. Acesso em: 05 out. 22.

BASTOS, João Luiz Dornelles; DUQUIA, Rodrigo Pereira. Medidas de dispersão: os valores estão próximos entre si ou variam muito?. **Scientia Medica**, Porto Alegre, v.17, n.1, p.40-44. 2007.

BELLAVER, Claudio.; SNIZEK JUNIOR, Pedro Nessi. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999.

BONFIM, Breno. Importância do processamento do farelo de soja. **Nutrição Animal**, 2021. Disponível em: < <https://agrocereasmultimix.com.br/blog/importancia-do-processamento-do-farelo-de-soja/>>. Acesso em: 30 out. 22.

CANAL AGRO. Soja: Comercialização da safra 2021/2022 avança, mas segue lenta. 2022. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/soja-comercializacao-da-safra-2021-2022-avanca-mas-segue-lenta/>. Acesso em: 29 set. 22.

CONAB. Soja – Fevereiro/2022. **Conjunturas da agropecuária**, Minas Gerais, 2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 05 out. 22.

ELIAS, Moacir C.; OLIVEIRA, Maurício De; VANIER, Nathan L. Tecnologias de Pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. **Labgrãos**, Pelotas, 2017. Disponível em< <http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/material---prova-1.pdf>>. Acesso em: 27 set. 22.

FORBES. Sindirações projeta crescimento de 3,5% na produção de ração animal em 2022. 2022. Disponível em:< <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/05/sindiracoes-projeta-crescimento-de-35-na-producao-de-racao-animal-em-2022/#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20de%20ra%C3%A7%C3%A3o%20animal,a%20valiou%20o%20Sindira%C3%A7%C3%B5es%20em%20comunicado.>>. Acesso em: 29 set. 22.

GARCIA, Lucila Rezende. **Qualidade nutricional de farelos de soja comerciais processados no município de Uberlândia**. 2020. 32f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Zootecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

GROCHOSKI, Rodrigo. Soja – Janeiro/ 2022 – Paraná. **Conjunturas da Agropecuária**, Curitiba, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 05 out. 22.

HARA, Teuto; GONELI, André L. Duarte; CANEPPELE, Maria A. Braga; CANEPPELE, Carlos. Cartilha de Procedimento de Classificação e Descontos na Comercialização de Grãos de Soja. **Projeto Classificação de Grãos**, Mato Grosso, 2022. Disponível em:

<<http://www.aprosoja.com.br/storage/comissoes/arquivos/classificacao-de-craos.pdf>>. Acesso em: 27 set. 22.

JUNIOR, Guanis de Barros Vilela. Estatística: Teste t student. Campinas, 2021. Disponível em: [http://www.cpaqv.org/estatistica/teste\\_t.pdf](http://www.cpaqv.org/estatistica/teste_t.pdf). Acesso em: 30 out. 22.

LECO CORPORATION. Determination of Soluble Protein in Soybean Meal. **Leco Empowering Results**, Michigan USA, n. 203, p.7-22, 2022.

RAMOS, Adriano Hirsch. **Implicações dos defeitos fermentado, ardido e queimado em grãos de soja no rendimento e na qualidade lipídica e proteica**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

RUNHO, Richard Cesar. Farelo de Soja: Processamento e Qualidade. **Poli Nutri Alimentos**. São Paulo, 2001. Disponível em: <<https://www.polinutri.com.br/upload/artigo/148.pdf>>. Acesso em: 27 set. 22.

PEREIRA, Marco Antônio; CASTRO, Vinícius Alexandre de. Cadeia produtiva do farelo de soja: Um enfoque na produção nacional. Rio Verde, 2015. Disponível em: <<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/MARCO%20ANTONIO%20-%20CADEIA%20PRODUTIVA%20DO%20FARELO%20DE%20SOJA%20Um%20enfoque%20na%20producao%20nacional.pdf>>. Acesso em: 27 set. 22.

POHNDORF, Ricardo Scherer. **Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel**. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

SIQUEIRA, Daniele. Queda no Consumo Interno Garante Exportação Recorde de Farelo de Soja no Brasil. **AgRural**, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://www.czapp.com/pt/analyst-insights/queda-no-consumo-interno-garante-exportacao-recorde-de-farelo-de-soja-do-brasil/#:~:text=Com%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20farelo%20estimada,do%20subproduto%20est%C3%A1%20em%20queda.>>. Acesso em: 28 set. 22.

QUIROGA, Ana Lucia Barbosa. Proteínas. **Food Ingredients**. N.28, 2014. Disponível em: [https://revista-fi.com/upload\\_arquivos/201606/2016060036244001467048775.pdf](https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060036244001467048775.pdf). Acesso em: 30 out. 22.