

EFEITO DO TEOR DE GRÃOS DE SOJA AVARIADOS NA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E SOLUBILIDADE PROTEICA

LUANA KELLEMANN PEREIRA¹; RAPHAELLY ALMEIDA FERNANDES²; RAFAEL SAMPAIO COUTO³; NATHAN LEVIEN VANIER⁴, ROSANA COLUSSI⁵

¹Universidade Federal De Pelotas – luanakellemann@outlook.com;

²Universidade Federal De Pelotas - raphaa266@gmail.com

³Universidade Federal De Pelotas - rsampaio.couto@gmail.com

⁴Universidade Federal De Pelotas - nathanvanier@hotmail.com

⁵Universidade Federal De Pelotas - rosana_colussi@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max (L.) Merrill*) destaca-se pelo elevado teor de proteínas (40%), lipídeos (18–20%), carboidratos (30-35%) e minerais, além de conter todos os aminoácidos essenciais (EMBRAPA, 2021). O Brasil é atualmente o maior produtor, com 169,49 milhões de toneladas, sendo o Rio Grande do Sul responsável por 8,4% da produção nacional (EMBRAPA, 2025). Pela sua composição proteico-calórica, é a principal fonte de óleo vegetal do país, utilizada na alimentação, na indústria e na produção de biodiesel (EMBRAPA, 2021). A oleaginosa também é processada para obtenção de farelo, isolados e concentrados proteicos (KOHLI; SINGHA, 2024).

Na região sul, a colheita ocorre entre março e maio, no estádio R8 (CONAB, 2025), devendo os grãos apresentar umidade entre 13 e 15% para evitar danos mecânicos (EMBRAPA, 2021). Conforme a Instrução Normativa nº 11/2007 do MAPA, grãos avariados classificam-se como graves (ardidos, mofados e queimados) ou leves (fermentados, germinados, imaturos, chochos, quebrados, amassados e esverdeados), sendo estabelecido limite de 12% de defeitos graves para consumo humano (BRASIL, 2007).

Entre abril e maio de 2024, fortes chuvas associadas a um anticiclone migratório afetaram o Rio Grande do Sul, impedindo a colheita e favorecendo abertura de vagens, germinação e mofo, resultando em perdas de 64,1% da produção e prejuízo de cerca de R\$ 5,5 bilhões (EMATER/RS, 2024; BRASIL, 2024).

Com isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do teor de grãos avariados na composição centesimal e solubilidade proteica da soja.

2. METODOLOGIA

Foi utilizada soja proveniente da região sul do Estado do Rio Grande do Sul, colhida na safra do ano de 2024, sendo 4 amostras com 1,5, 8,7, 18,3 e 71,0% de grãos avariados. Os grãos foram triturados e a composição centesimal foi determinada de acordo com metodologias da AOAC (*Association of Official Analytical Collaboration*, 2016), incluindo a umidade, lipídios, proteínas, cinzas, fibras e carboidratos por diferença.

O teor de cinzas foi determinado por incineração em mufla a 550 °C até a formação de resíduo branco. Os lipídios foram quantificados em extrator de Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente em sistema de refluxo contínuo. O teor de

proteínas foi obtido pelo método Kjeldahl, envolvendo digestão ácida, destilação e titulação, com aplicação do fator de conversão de 6,25. Os carboidratos totais foram calculados por diferença: [100 – (proteína + lipídios + cinzas + umidade)].

A solubilidade proteica foi determinada em água, utilizando os grãos triturados desengordurados, de acordo com protocolo adaptado de LIU; MCWATTERS; PHILLIPS (1992). Foi utilizado 2g de amostra que foi dispersa em 50mL de água destilada e submetida a constante agitação durante uma hora com agitador magnético. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 5600 rpm por 10 minutos, e 1mL do sobrenadante foi coletado e transferido para um tubo de digestão. Após este procedimento o teor de proteínas foi quantificado pelo método Kjeldahl.

Os dados foram submetidos à ANOVA, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da composição centesimal das amostras de soja.

Tabela 1 – Composição centesimal em base seca de grãos de soja com diferentes teores de grãos avariados.

| Amostra (% avariados) | Umidade (%) | Lipídios (%) | Proteínas (%) | Fibras (%) | Cinzas (%) | Carboidratos (%) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1,5 | 13,20 ± 0,16 ^a | 24,52 ± 1,05 ^b | 36,05 ± 0,73 ^c | 4,39 ± 0,10 ^b | 5,38 ± 0,07 ^b | 29,55 ± 0,29 ^a |
| 8,7 | 12,50 ± 0,04 ^b | 25,51 ± 0,88 ^b | 36,84 ± 0,53 ^c | 4,25 ± 0,63 ^b | 5,56 ± 0,10 ^a | 27,84 ± 1,60 ^{ab} |
| 18,3 | 12,50 ± 0,04 ^b | 25,80 ± 0,54 ^b | 38,88 ± 0,51 ^b | 5,02 ± 0,27 ^{ab} | 5,34 ± 0,03 ^b | 24,95 ± 0,46 ^b |
| 71,0 | 10,62 ± 0,05 ^c | 28,48 ± 1,29 ^a | 40,37 ± 0,20 ^a | 5,45 ± 0,49 ^a | 5,42 ± 0,01 ^{ab} | 20,27 ± 1,79 ^c |

* Valores acompanhados por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

A composição centesimal das farinhas de soja apresentou variações significativas com o aumento da porcentagem de grãos avariados e da redução da umidade. Houve redução dos carboidratos totais, acompanhada de aumento nos teores de lipídios, fibras e proteínas.

O teor de proteínas da farinha de soja desengordurada passou de 44,63% na amostra com 1,5% de avariados para 50,82% na amostra com 71,0% de grãos avariados (Tabela 2). A solubilidade proteica, por sua vez, apresentou redução progressiva conforme o aumento no teor de grãos avariados, passando de 69,24% (1,5% avariados) para 58,46% (71% avariados), evidenciando comprometimento da qualidade funcional das proteínas, possivelmente em razão de processos de oxidação lipídica, desnaturação proteica e atividade de fungos em grãos mofados.

Tabela 2 – Teor de proteína (%) e solubilidade proteica (%) de farinhas de soja desengorduradas com diferentes níveis de avariação.

| Amostra (% avariados) | Proteína da farinha desengordurada (%) | Solubilidade proteica (%) |
|-----------------------|--|---------------------------|
| 1,5 | 44,63 ± 0,88 c | 69,24 ± 1,85 a |
| 8,7 | 45,24 ± 0,21 c | 65,81 ± 3,40 a |

| Amostra (% avariados) | Proteína da farinha desengordurada (%) | Solubilidade proteica (%) |
|-----------------------|--|---------------------------|
| 18,3 | 48,01 ± 0,51 b | 64,18 ± 2,22 ab |
| 71,0 | 50,82 ± 0,65 a | 58,46 ± 1,36 b |

* Valores acompanhados por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

O aumento no teor de proteínas está relacionado à degradação mais acelerada dos demais constituintes do grão, como os carboidratos. Embora a concentração proteica aumente, a qualidade tecnológica e nutricional da proteína é prejudicada, o que pode limitar o aproveitamento da soja com elevado teor de grãos avariados na indústria alimentícia e de rações.

Em condições de dano ou processamento, ocorre a utilização ou degradação de carboidratos como fonte de energia, como no caso da formação de brotos durante a germinação (KOHLI; SINGHA, 2024). A solubilidade das proteínas tende a diminuir em razão da desnaturação, que altera sua estrutura e compromete a funcionalidade biológica. Esse efeito é mais evidente em grãos ardidos e queimados, nos quais a elevada temperatura compromete o teor de massa e reduz a solubilidade. Assim, a solubilidade proteica apresenta relação inversa com os defeitos metabólicos do grão (WENNECK, 2021). A agregação de proteínas, resultante da reestruturação de polipeptídeos desenrolados e da interação proteína-proteína, também pode reduzir a solubilidade, tornando resíduos de aminoácidos menos acessíveis às enzimas digestivas e diminuindo a digestibilidade (KOHLI; SINGHA, 2024). Por outro lado, a fermentação pode favorecer a solubilidade das proteínas, uma vez que a redução do pH e a ação de enzimas proteolíticas da microbiota promovem a hidrólise em polipeptídeos menores e mais hidrofílicos (KOHLI; SINGHA, 2024). De forma geral, grãos com defeitos apresentam menores teores de solubilidade proteica. Alterações de temperatura e umidade favorecem a desnaturação, e, em casos de grãos ardidos e queimados, a exposição ao calor elevado compromete ainda mais a solubilidade. Valores mais baixos são observados em grãos fermentados, ardidos e queimados quando comparados aos grãos sadios (WENNECK, 2021). Os resultados da redução da solubilidade proteica podem estar relacionados à menor umidade, indicando maior tempo de secagem.

4. CONCLUSÕES

O aumento da porcentagem de grãos de soja avariados resultou na redução da qualidade nutricional dos grãos, assim como na qualidade nutricional e funcional das farinhas desengorduradas, principalmente devido à queda na solubilidade proteica. Esses achados ressaltam a importância do controle de qualidade pós-colheita e da correta destinação da soja fora de tipo, com o objetivo de reduzir riscos à alimentação humana e minimizar perdas econômicas para o setor produtivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instituição Normativa nº 11, de 15 de maio de 2007**. Brasília, 2007. Acessado em 05 ago. 2025. Online. Disponível em:
<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1194426968>

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Avaliação dos efeitos e impactos das inundações no Rio Grande do Sul.** Brasília, 2024. Acessado em 05 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/cheias-do-rio-grande-do-sul-agilidade-federal-evita-impacto-negativo-de-1-1-ponto-percentual-no-pib-do-estado/AvaliaodosefeitosdeimpactosdasinundaesnoRioGrandedoSulNov2024.pdf>

CONAB. **9º Levantamento – Safra 2023/24.** Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, jun. 2024. Acessado em 18 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/9o-levantamento-safra-2023-24/boletim-da-safra-de-graos>

EMATER/RS. Informativo conjuntural – **Impacto das chuvas e cheias extremas no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 30 maio 2024. Acessado em 05 ago. 2025. Online. Disponível em: https://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/conj_30052024.pdf

EMBRAPA. **Estádio reprodutivo da soja.** Agência de Informação Tecnológica – Cultivos, Brasília, 2021. Acessado em 05 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/estadios-de-desenvolvimento/estadio-reprodutivo>

EMBRAPA. **Soja.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja>. Acesso em: 05 ago. 2025.

EMBRAPA. **Processamento de oleaginosas.** Agência de Informação Tecnológica – Tecnologia de Alimentos, Brasília, 2021. Acessado em 05 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/grupos-de-alimentos/oleaginosas/processamento>

KOHLI, V.; SINGHA, S. Protein digestibility of soybean: how processing affects seed structure, protein and non-protein components. **Discover Food**, v. 4, article 7, 15 fev. 2024.

LIU, K.; MCWATTERS, K. H.; PHILLIPS, R. D. Protein insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to-cook defect in cowpeas. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.40, p.2403–2407, 1992.

USMAN, M.; LI, Q.; LUO, D.; XING, Y.; DONG, D. Valorization of soybean by-products for sustainable waste processing with health benefits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 105, n. 10, p. 5150-5162, 15 ago. 2025.

WENNECK, G. S.; WENNECK, G. S.; SAATH, R.; VOLPATO, C. S.; ARAÚJO, L. L.; SÁ, N. O. Grão de soja arrido, queimado e fermentado: alterações das frações proteicas, lipídicas e compostos fenólicos e suas consequências na dieta animal. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 10, n. 2, e31110212561, 2021.