

QUALIDADE DA SOJA SOB ESTRESSE CLIMÁTICO: COMPARAÇÃO DE CULTIVARES FRENTE A EXCESSO DE CHUVA E INUNDAÇÕES DA SAFRA 2023/2024

SILVIA NAIANE JAPPE¹; BRENDA DANNENBERG KASTER²; LÁZARO DA COSTA CORRÊA CAÑIZARES³; BETINA BUENO PERES⁴; RUAN BERNARDY⁵; MAURÍCIO DE OLIVEIRA⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas – jappesilvia@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – brendadannenbergkaster@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – lazaroccosta@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – betinabuenop@gmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – ruanbernardy@yahoo.com.br*

⁶*Universidade Federal de Pelotas – mauricio@labgraos.com.br*

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais culturas agrícolas globais, destacando-se pelo elevado teor de óleo e proteína, características que a tornam amplamente utilizada na indústria alimentícia (CAÑIZARES et al., 2024). No Brasil, representa 48,52% da produção total de grãos (CONAB, 2023).

Os estresses abióticos, como a inundação é um fator importante que limita a produtividade agrícola (SHARMA et al., 2025). Em condições de hipóxia, a baixa disponibilidade de oxigênio no solo força as raízes a recorrer à respiração anaeróbica, o que compromete as trocas gasosas e favorece o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS). Esse processo resulta em danos oxidativos, inibição da respiração radicular e alterações no armazenamento de nutrientes, afetando o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, podendo até levar à perda total da produção (ZHANG et al., 2025).

No período de junho de 2023 a junho de 2024, foram registrados 929 eventos de precipitação extrema no Rio Grande do Sul, sendo aproximadamente 70% em 2024 (LEUSIN JÚNIOR et al., 2024). O excesso de chuvas nesse período comprometeu a colheita da soja em diversas regiões produtoras. Diante desse cenário, o estudo objetivou avaliar o impacto do excesso de chuva e da inundação na qualidade dos grãos de soja na safra 2023/2024.

2. METODOLOGIA

As cultivares de soja BMX Vênus CE e BMX Fúria CE foram cultivadas em duas localidades de Pelotas e na cidade de Cachoeirinha, Rio Grande do Sul, Brasil. Na localidade Vila princesa ($31^{\circ}31'56.77"S$; $52^{\circ}13'59.83"O$; altitude 27m) foi detectado excesso de chuvas no período de colheita, e na localidade Z3 ($31^{\circ}38'28.84"S$; $52^{\circ}14'01.34"O$; altitude 13m) apresentou estresse por inundações. Em Cachoeirinha ($29^{\circ}57'00.60"S$; $51^{\circ}07'16.82"O$; altitude 10m) no período de colheita não apresentou estresses (sem anomalias). Após a colheita, os grãos (Figura 1) foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LabGrãos/UFPel).



Figura 1 – Cultivares nas condições de cultivo: sem anomalias, excesso de chuva e inundaçāo

O peso de mil grãos foi realizado conforme o método descrito em BRASIL, 2009. A acidez foi determinada de acordo com o método 02-01A desenvolvido pela AACC (AACC, 2000). Os sólidos lixiviados e a condutividade elétrica foram determinados conforme descrito pela ISTA (ISTA, 2008). A composição proteica foi determinada pelo equipamento FOSS NIRSTMDS2500 SR, 2014. O perfil colorimétrico foi determinado usando um colorímetro (Minolta, CR-310, Osaka, Japão). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x2. Os dados foram submetidos a Análise de Variância com 95% de confiabilidade e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo software RStudio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou interação significativa ($p<0,05$) entre ambiente de cultivo e cultivares para peso de mil grãos, acidez, sólidos lixiviados, condutividade elétrica e proteína bruta (Tabela 1).

A condição de inundação afetou negativamente os parâmetros de qualidade na pós-colheita, evidenciado pela redução do peso de mil grãos e aumento da acidez, sólidos lixiviados e condutividade elétrica. A condição de cultivo sem anomalias apresentou maior peso de mil grãos e menor acidez, sólidos lixiviados e condutividade elétrica, resultados esperados em condições de cultivo sem estresse (CAÑIZARES et al., 2024). Em condições de inundação, a taxa máxima de enchimento de grãos diminui, o acúmulo de matéria seca é reduzido e a taxa de distribuição de grãos é menor (ZHANG et al., 2025).

Tabela 1 – Peso de mil grãos, acidez, sólidos lixiviados, condutividade elétrica e proteína bruta de duas cultivares de soja em três condições de cultivo

Cultivares	Sem anomalias	Excesso de chuva	Inundação
	Peso de mil grãos (g)		
BMX Vênus CE	151,76±1,28 Aa	125,69±1,24 Ba	103,87±1,16 Ca
BMX Fúria CE	113,90±4,26 Ab	114,59±2,87 Ab	94,30±2,77 Bb
		Acidez (NaOH. 100 g ⁻¹)	
BMX Vênus CE	0,53±0,03 Cb	3,30±0,33 Ba	8,92±0,20 Aa
BMX Fúria CE	1,57±0,06 Ca	2,26±0,03 Bb	5,97±0,26 Ab
		Sólidos lixiviados (%)	
BMX Vênus CE	7,97±0,35 B ^{ns}	12,95±0,24 Aa	13,62±0,41 A ^{ns}
BMX Fúria CE	8,64±0,44 B ^{ns}	9,29±0,11 Bb	14,38±0,66 A ^{ns}
		Condutividade elétrica (µS cm ⁻¹)	
BMX Vênus CE	141±39,60 C ^{ns}	530±42,43 Ba	1353,5±47,38 Aa
BMX Fúria CE	247,5±27,58 B ^{ns}	356±14,14 Bb	1045,5±101,12 Ab
		Proteína bruta (%)	
BMX Vênus CE	39,15±0,82 Bb	42,59±0,89 A ^{ns}	40,19±0,20 Bb
BMX Fúria CE	40,74±0,86 Ba	41,79±0,08 AB ^{ns}	42,48±0,25 Aa

*As letras minúsculas comparam nas colunas as cultivares e as letras maiúsculas comparam na linha os ambientes pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ns: não significativo.

A proteína bruta apresentou comportamento variável tanto nas condições de cultivo quanto entre as cultivares, entretanto, a cultivar BMX Vênus CE apresentou maior teor na condição de excesso de chuva, enquanto a cultivar BMX Fúria CE apresentou maiores teores independente do estresse (excesso de chuva e inundação). Isso pode estar relacionado ao fato de que em condições de estresse, a taxa fotossintética líquida e o metabolismo de carboidratos são os mais afetados (ZHANG et al., 2025).

Na comparação entre o cultivo sem anomalias e inundação, o peso de mil grãos diminuiu 31,56% e 17,21%, a acidez aumentou 1583,02% e 280,25%, a condutividade elétrica aumentou 859,93% e 322,43%, os sólidos lixiviados aumentaram 70,89% e 66,44% e a proteína bruta aumentou 2,66% e 4,27% para as cultivares BMX Vênus CE e para BMX Fúria CE, respectivamente. A condutividade elétrica e os sólidos lixiviados indicam que a estrutura celular dos grãos foi danificada pela desestruturação celular, que facilita a lixiviação desses compostos (DEMITO, 2019; RAMOS et al., 2021).

Esses resultados indicam que a cultivar BMX Vênus CE demonstrou maior sensibilidade às variações nas condições de cultivo em relação aos parâmetros de qualidade, como peso de mil grãos, acidez, condutividade elétrica e sólidos lixiviados, evidenciando uma resposta mais acentuada ao excesso hídrico. Por outro lado, a menor variação observada na proteína bruta sugere uma maior estabilidade desse componente na cultivar, mesmo sob condições adversas. Entretanto, a cultivar BMX Fúria CE demonstrou maior adaptabilidade nas condições de estresse no cultivo nos parâmetros de qualidade e apresentou aumento de 4,27% na proteína bruta.

4. CONCLUSÕES

As condições de cultivo afetam a qualidade pós-colheita dos grãos de soja. O estresse hídrico, especialmente a inundação, promove a redução do peso de mil grãos e o aumento de parâmetros indicativos de deterioração, como acidez, sólidos

lixiviados e condutividade elétrica. Diante desse cenário, torna-se essencial adotar medidas de manejo para mitigar os impactos das adversidades climáticas, como o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes e práticas agrícolas, visando garantir a qualidade e a sustentabilidade da produção de soja frente às mudanças climáticas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC INTERNATIONAL. Approved Methods of the AACC. 11th ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.

CAÑIZARES, L. C. C.; MEZA, S. L. R.; TIMM, N. S.; GAIOSO, C. A.; KEHL, K.; HOFFMANN, J. F.; FERREIRA, C. D.; OLIVEIRA, M. Isoflavone profile and soybean quality: Effects of genotype, cultivation environment and storage. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 58, p. 103134, 2024.

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2022/23 – 5º Levantamento**. Brasília: Conab, 2023.

DEMITO, Angélica. **Efeitos da umidade e da temperatura de armazenamento sobre parâmetros de avaliação de propriedades tecnológicas e nutricionais de grãos de feijão carioca**. 2019. 68f. Tese – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

ISTA. International Seed Testing Association. Determination of other seeds by number. In: **International rules for seed testing**. Bassersdorf: ISTA, 4, 1-43, 2008.

LEUSIN JÚNIOR, S.; FEIX, R. D.; PESSOA, M. L.; RISCO, G. Painel do agronegócio do Rio Grande do Sul – 2024. Porto Alegre: SPGG, 2024.

RAMOS, A. H.; TIMM, N. S.; FERREIRA, C. D.; OLIVEIRA, M. Effects of the intensification of soybean defects: consequences on the physicochemical, technological, protein and oil properties. **European Food Research and Technology**, v. 247, p. 1277-1289, 2021.

SHARMA, R.; KUMAR, D.; PARKIRTI, P.; SINGH, A.; SHARMA, A.; LANGEH, K.; SINGH, A.; SHARMA, M.; MIR, N. R.; KHAJURIA, A.; KAPOOR, N.; BHARDWAJ, R.; OHRI, P. Membrane transporters in plants: Key players in abiotic and biotic stress tolerance and nutritional transport. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 227, p. 110084, 2025.

ZHANG, Y.; CHEN, X.; GENG, S.; ZHANG, X. A review of soil waterlogging impacts, mechanisms, and adaptive strategies. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, e1545912, 2025.