

## Comparação dos danos mecânicos latentes e da qualidade fisiológica das sementes de soja colhidas por dois sistemas de trilha em diferentes horários de colheita

Beatriz Ferreira de Carvalho, Curso de Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Nathasha Gabrielly Santos Galbieri, Curso de Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Prof. Dr. Antônio Krenski, Curso de Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil, E-mail: antonio.krenski@grupointegrado.br

**Resumo:** A mecanização da colheita da soja exerce influência direta sobre a qualidade fisiológica das sementes, podendo ocasionar danos mecânicos que comprometem seu desempenho. O presente trabalho teve como objetivo comparar os danos mecânicos latentes e a qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max L.*) colhidas por sistemas de trilha axial (rotor) e convencional (cilindro). O experimento foi conduzido em Perobal – PR, durante a safra 2024/2025, com colhedoras John Deere S760 (rotor) e New Holland TC 5090 (cilindro). As amostras foram coletadas em quatro horários (10h, 12h, 14h e 16h), totalizando oito tratamentos. Avaliaram-se danos mecânicos latentes (teste de hipoclorito), germinação e envelhecimento acelerado, em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial. O sistema axial apresentou menor incidência de danos e melhor desempenho fisiológico, especialmente nas colheitas realizadas em horários com maior teor de umidade. Conclui-se que a escolha adequada do sistema de trilha e o horário de colheita é determinante para a preservação da integridade e da qualidade das sementes de soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max L.* Mecanização agrícola. Colhedora axial. Colhedora convencional. Vigor de sementes.

**Abstract:** Mechanized soybean harvesting directly influences the physiological quality of seeds, potentially causing mechanical damage that compromises their performance. This study aimed to compare the latent mechanical damage and physiological quality of soybean (*Glycine max L.*) seeds harvested by axial (rotor) and conventional (cylinder) threshing systems. The experiment was conducted in Perobal, Paraná, Brazil, during the 2024/2025 growing season, utilizing John Deere S760 (rotor) and New Holland TC5090 (cylinder) combine harvesters. Samples were collected at four different times (10 a.m., 12 p.m., 2 p.m., and 4 p.m.), resulting in eight treatments. Latent mechanical damage (hypochlorite test), germination, and accelerated aging were evaluated using a completely randomized design in a factorial scheme. The axial system showed a lower incidence of damage and better physiological performance, especially when harvesting occurred during periods with higher moisture content. It is concluded that the adequate choice of the threshing system and harvesting time is essential for preserving the integrity and quality of soybean seeds.

**Keywords:** *Glycine max L.* Agricultural mechanization. Axial harvester. Conventional harvester. Seed vigor.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max L.*) é uma das culturas agrícolas mais relevantes do Brasil, desempenhando papel central na economia e na cadeia produtiva de alimentos, rações e biocombustíveis (EMBRAPA, 2020). O país destaca-se como um dos maiores produtores e exportadores mundiais, sendo responsável por expressiva parcela da oferta global de grãos. Entretanto, a qualidade final das sementes e grãos de soja pode ser comprometida por diversos fatores ao longo do processo produtivo, especialmente durante a colheita mecanizada, etapa crítica em que ocorrem danos físicos e fisiológicos às sementes (SMANIOTTO et al., 2014). Esses danos, muitas vezes imperceptíveis a olho nu, comprometem o potencial produtivo e a viabilidade das sementes destinadas à semeadura.

Entre os sistemas de trilha mais utilizados nas colhedoras de grãos, destacam-se o convencional (cilindro) e o axial (rotor), que se diferenciam pela forma como promovem a separação das sementes das vagens. O sistema convencional utiliza um cilindro batedor associado a uma barra côncava, o que pode gerar maior agressividade e impacto mecânico sobre as sementes, especialmente quando as regulagens não estão adequadas. Por outro lado, o sistema axial, com rotor longitudinal, realiza a trilha de maneira mais contínua e uniforme, reduzindo a intensidade dos impactos e favorecendo a preservação da qualidade fisiológica (SILVA et al., 2017; FRANÇA-NETO et al., 2018).

Os danos mecânicos, quando presentes, afetam diretamente o desempenho fisiológico das sementes, interferindo nos processos de germinação, vigor e armazenamento. Sementes danificadas podem apresentar ruptura no tegumento, fissuras internas e alterações na estrutura embrionária, prejudicando a absorção de água e a emergência uniforme das plântulas em campo. Além disso, danos latentes, que não são imediatamente visíveis após a colheita, podem manifestar-se durante o armazenamento, acelerando a deterioração e reduzindo o tempo de viabilidade das sementes (MARCOS-FILHO, 2015; FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI; COSTA, 2018). Portanto, compreender o reflexo desses danos na qualidade fisiológica é essencial para garantir maior longevidade e desempenho da semente, sobretudo em programas de produção e certificação.

Outro fator de grande influência na qualidade das sementes é o horário de colheita, uma vez que as condições de temperatura e umidade do ar e das plantas variam ao longo do dia, afetando o teor de umidade das sementes e, conseqüentemente, a intensidade dos danos mecânicos. Colheitas realizadas nas horas mais quentes e secas tendem a causar maior quebra e fissuração das sementes devido à menor elasticidade do tegumento, enquanto períodos mais úmidos e frescos favorecem a integridade física, embora possam aumentar o risco de deterioração por umidade (FRANÇA-NETO; HENNING, 2013). Assim, a escolha do momento ideal de colheita é determinante para equilibrar eficiência operacional, rendimento e preservação da qualidade fisiológica das sementes.

Dessa forma, compreender como os sistemas de trilha e o horário de colheita influenciam a integridade das sementes é fundamental para orientar o manejo da colheita e minimizar perdas. O presente estudo teve como objetivo comparar os danos mecânicos latentes e avaliar a qualidade fisiológica das sementes de soja colhidas por sistemas de trilha axial (rotor) e convencional (cilindro), em diferentes horários de colheita. O trabalho busca contribuir para a melhoria das práticas de colheita mecanizada, fornecendo subsídios técnicos que auxiliem produtores e indústrias de sementes na redução de perdas, aumento da eficiência operacional e manutenção da qualidade do material propagativo.

## MÉTODO

O experimento foi conduzido em uma lavoura comercial localizada no município de Perobal – PR nas coordenadas geográficas 23°55' 43.92"S e 53°19' 44.56"O com elevação de 393m, durante a safra 2024/2025. O clima da região enquadra-se no tipo Cfa, segundo a classificação climática de Köppen, caracterizado por clima subtropical úmido, com verões quentes e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (ALVARES et al., 2013). As análises laboratoriais foram realizadas no Centro Universitário Integrado de Campo Mourão – PR, nas dependências do Laboratório de Sementes. O estudo teve como objetivo comparar os danos mecânicos latentes e a qualidade fisiológica das sementes de soja colhidas por dois sistemas de trilha diferentes: o sistema axial (rotor) e o sistema convencional (cilindro) em diferentes horários de colheita.

Foram utilizadas duas colhedoras com sistemas de trilha distintos. A John Deere S760, equipada com sistema de trilha axial (rotor) e plataforma de 35 pés, operou com altura de corte entre 10 e 15 cm, velocidade média de deslocamento de 5,5 km h<sup>-1</sup>, rotação do rotor de 550 rpm, abertura do côncavo de 19 mm na parte frontal e 15 mm na parte traseira, e velocidade média do ventilador de 750 rpm. Já a New Holland TC5090, dotada de sistema de trilha convencional (cilindro) e plataforma de 20 pés, foi ajustada para altura de corte de 10 a 15 cm, velocidade média de 5,5 km h<sup>-1</sup>, rotação do cilindro de 700 rpm e abertura do côncavo de 15 mm na parte frontal e 19 mm na parte traseira. Essas regulagens foram mantidas constantes durante todas as coletas, a fim de minimizar variações operacionais que pudessem interferir nos resultados.

As amostragens foram realizadas no dia 23 de fevereiro de 2025, diretamente no tubo de descarga de cada máquina, nos horários de 10 h, 12 h, 14 h e 16 h, totalizando oito tratamentos (dois sistemas × quatro horários). A temperatura ambiente média durante o período de colheita foi de 29 ± 3 °C, com umidade relativa variando de 72% pela manhã para 56% no final da tarde. O teor de umidade das sementes apresentou decréscimo progressivo ao longo do dia, com médias de 16,7% às 10 h, 17,1% às 12 h, 17,0% às 14 h e 14,5% às 16 h, conforme determinado em laboratório. Essa variação teve como finalidade avaliar a influência do horário de colheita sobre os danos mecânicos e a qualidade fisiológica das sementes, considerando que a redução natural da

umidade dos grãos ao longo do dia tende a aumentar a suscetibilidade ao dano físico.

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos de papel em ambiente arejado, por um período de 15 dias, até a realização dos testes. Em 9 de março de 2024, as sementes foram limpas e classificadas em peneiras, garantindo que apenas grãos íntegros fossem analisados. Em seguida, determinou-se a umidade das sementes por meio de determinador eletrônico, possibilitando a correlação entre o teor de água e o nível de dano observado.

O teste de hipoclorito foi empregado para detectar danos mecânicos latentes, conforme a metodologia descrita por França-Neto et al. (1998). Utilizou-se solução de hipoclorito de sódio a 5%, na qual as sementes permaneceram imersas por 10 minutos. Foram analisadas oito repetições de 100 sementes por tratamento, avaliando-se visualmente a presença de fissuras e rupturas, que indicaram os danos provocados por cada sistema de trilha.

O teste de germinação foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando papel Germitest como substrato. Foram conduzidas oito repetições de 50 sementes por tratamento, totalizando 400 sementes por colhedora e horário. Os rolos de papel foram umedecidos com água destilada, equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, e mantidos em câmara B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas. As avaliações ocorreram no 5º e 8º dia, classificando-se as plântulas em normais, anormais e não germinadas, e os resultados foram expressos em percentual de germinação.

O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido segundo a metodologia descrita por Marcos-Filho (1999). Foram utilizadas oito repetições de 400 sementes por tratamento, dispostas em caixas tipo Gerbox contendo tela metálica sobre 40 mL de água destilada, e mantidas a 40 °C por 48 horas. Após esse período, as sementes foram submetidas novamente ao teste de germinação, e os resultados foram expressos em percentual de plântulas normais, representando o vigor das sementes.

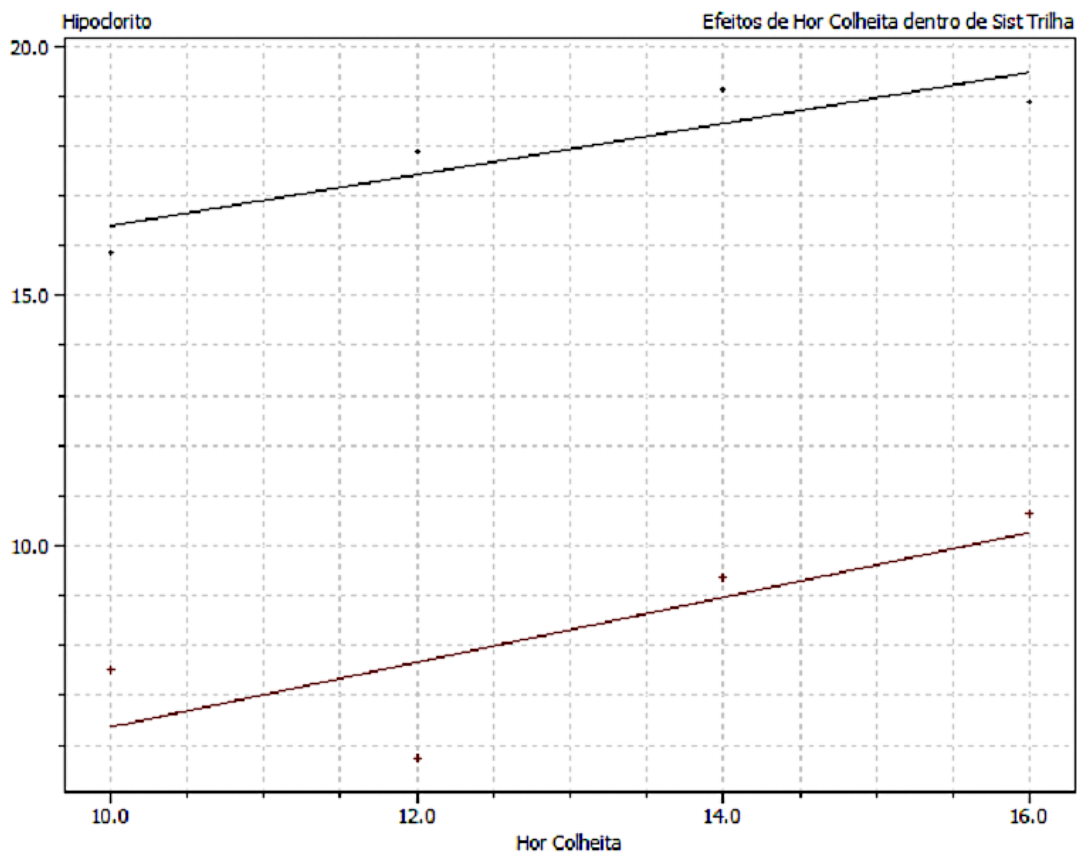
As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015), adotando-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 × 4, sendo o fator A referente ao sistema de trilha (rotor e cilindro) e o fator B ao horário de colheita (10 h, 12 h, 14 h e 16 h). As variáveis analisadas foram: (1) dano mecânico latente (teste de hipoclorito – 15 dias), (2) germinação (5º e 8º dia) e (3) envelhecimento acelerado. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e, quando identificadas interações significativas entre fatores, procedeu-se ao desdobramento das interações e, quando necessário, à análise de regressão polinomial em função dos horários de colheita.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre os sistemas de trilha e os horários de colheita, evidenciando que o avanço do dia reduziu o teor de umidade das sementes, o que resultou em maior incidência de danos mecânicos e em menor germinação e vigor. Esse comportamento confirma a estreita relação entre as condições ambientais no momento da colheita e a qualidade fisiológica das sementes. À medida que a temperatura aumenta e a umidade relativa do ar diminui, ocorre a perda de água pelas sementes, tornando-as mais suscetíveis a danos mecânicos durante o processo de trilha.

Esses efeitos são amplamente relatados na literatura, sendo apontados por França-Neto, Henning e Krzyzanowski (2016) e Marcos-Filho (2015) como um dos principais fatores de redução da qualidade fisiológica de sementes de soja. A perda excessiva de água promove o endurecimento do tegumento e a fragilidade estrutural do embrião, favorecendo o aparecimento de trincas, microfissuras e danos latentes que se manifestam durante o armazenamento e germinação. No presente estudo, observou-se que o sistema axial (rotor) apresentou melhor desempenho fisiológico nas colheitas realizadas em horários com maior teor de umidade, enquanto o sistema axial foi mais sensível à redução do teor hídrico.

Esses resultados reforçam a importância de ajustar o horário de colheita e o tipo de sistema de trilha conforme as condições de campo, de modo a minimizar o impacto mecânico sobre as sementes e preservar sua viabilidade. A interação entre ambiente e mecanização evidencia que a escolha adequada do sistema e o monitoramento da umidade no momento da colheita são determinantes para a manutenção da qualidade das sementes.



LEGENDA	F	R <sup>2</sup>	EQUAÇÕES
• Hor Colhei d. Sis 1	4,26*	0,8024	$y = 11,2750000 + 0,51250000x$
+ Hor Colhei d. Sis 2	6,85*	0,6166	$y = -0,1375000 + 0,65000000x$

Figura 1 – Danos mecânicos latentes (teste de hipoclorito) em função do horário de colheita dos grãos de soja conforme os sistemas de trilha (rotor e cilindro).

Sistema 1 = convencional (cilindro); Sistema 2 = axial (rotor).

Fonte: Dados da pesquisa (AgroEstat, 2025).

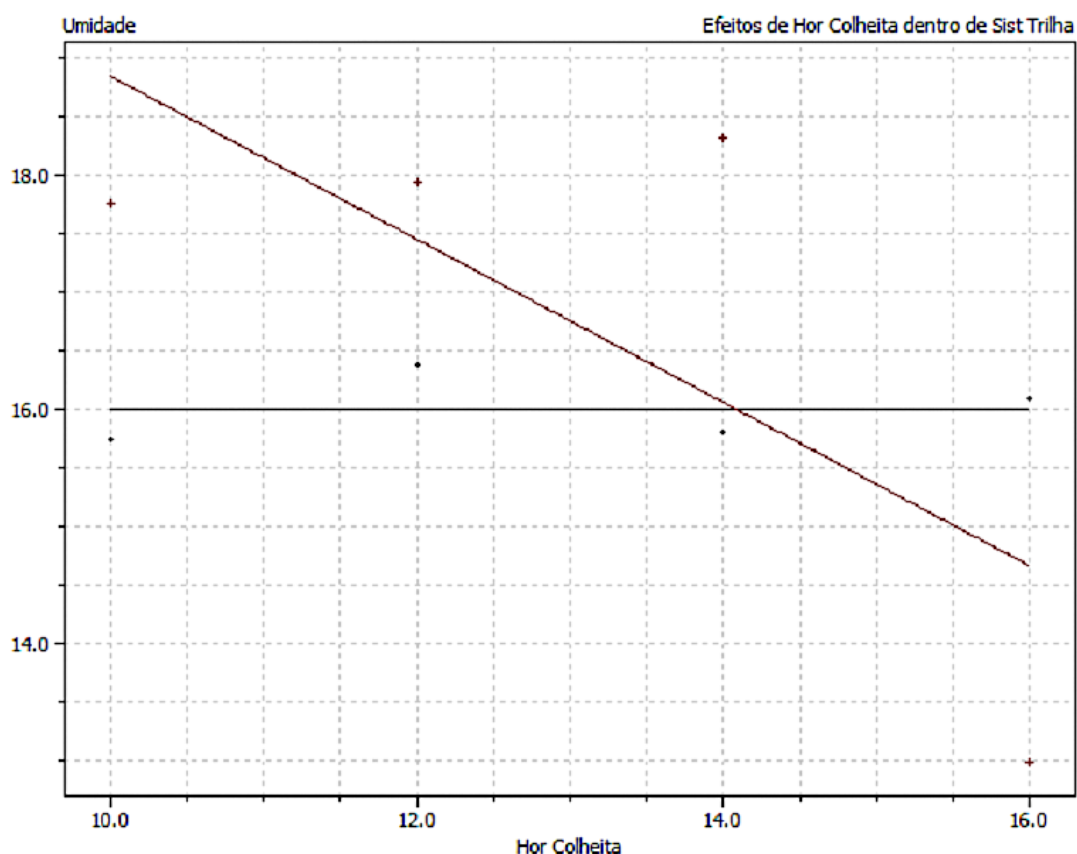
A Figura 1 mostra a tendência linear crescente em ambos os sistemas, indicando que o avanço do horário de colheita promoveu aumento na incidência de danos mecânicos latentes. O aumento da temperatura e a conseqüente redução do teor de umidade das sementes ao longo do dia tornam suas estruturas internas mais rígidas e suscetíveis à ruptura durante o processo de trilha. Esse comportamento é corroborado pelos valores de F significativos (4,26\* e 6,85\*), que confirmam a influência do horário sobre os danos, e pelos coeficientes de determinação ( $R^2 = 0,8024$  e  $0,6166$ ), evidenciando boa relação entre as variáveis analisadas.

Embora o sistema convencional tenha apresentado menor coeficiente angular (0,5125) em comparação ao sistema axial (0,6500), o sistema axial demonstrou maior estabilidade fisiológica, mesmo com o aumento natural dos danos ao longo

do dia. A maior inclinação no sistema axial está associada ao comportamento de sementes com menor teor de umidade durante a trilha, mas, mesmo assim, o rotor preservou melhor a integridade das sementes quando comparado ao sistema convencional.

O sistema convencional, por sua vez, apresentou maior incidência de danos latentes em todas as faixas de horário, indicando menor capacidade de preservar a integridade física das sementes em condições de redução hídrica. Assim, nas condições do presente estudo, o sistema axial manteve melhor desempenho fisiológico, especialmente nas colheitas realizadas sob maior teor de umidade.

Os resultados reforçam que o horário de colheita é determinante para a preservação da qualidade das sementes, sendo recomendável priorizar períodos com maior umidade, como o início da manhã, especialmente quando se utiliza o sistema axial, que mostrou superioridade na redução dos danos mecânicos latentes.



LEGENDA	F	R <sup>2</sup>	EQUAÇÕES
• Hor Colhei d. Sis 1	-	-	y = 15,9953125
+ Hor Colhei d. Sis 2	66,60**	0,5091	y = 25,8137500 - 0,69718750x

Figura 2 – Desdobramento do efeito do horário de colheita sobre o teor de umidade das sementes de soja em cada sistema de trilha.

Sistema 1 = convencional (cilindro); Sistema 2 = axial (rotor).

Fonte: Dados da pesquisa (AgroEstat, 2025).

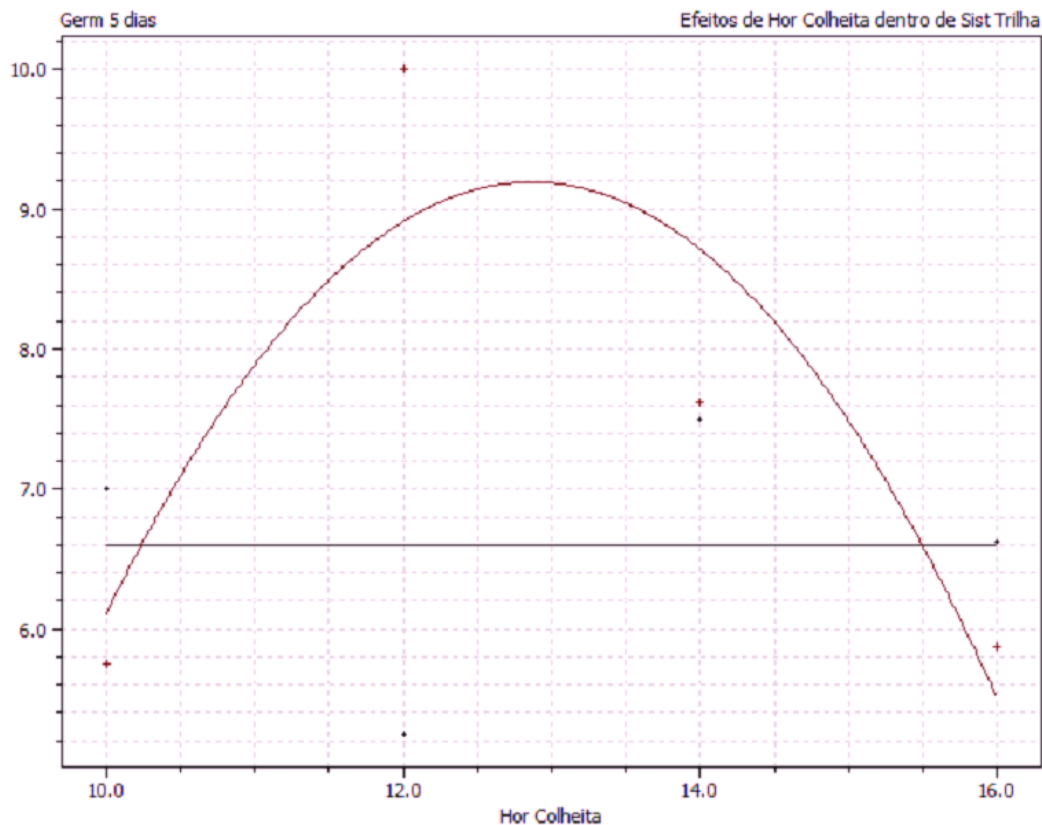
A Figura 2 apresenta a variação do teor de umidade das sementes de soja em função do horário de colheita para cada sistema de trilha. Observa-se uma tendência linear decrescente, evidenciando que o avanço do horário de colheita resultou em redução gradativa do teor de umidade das sementes.

Essa diminuição está diretamente associada às condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar, que se tornam menos favoráveis à manutenção da umidade interna das sementes à medida que o dia avança. A equação de regressão obtida para o sistema axial ( $y = 25,81 - 0,697x$ ) demonstra que, a cada hora de atraso na colheita, houve redução aproximada de 0,7 ponto percentual no teor de umidade. O valor de F significativo (66,60\*\*) confirma a influência estatisticamente relevante do horário de colheita sobre essa variável.

Apesar da redução progressiva da umidade ao longo do dia, o sistema axial (rotor) apresentou maior capacidade de preservar a qualidade fisiológica das sementes, conforme demonstrado nos testes subsequentes, mesmo sob condições de menor teor hídrico. Esse comportamento indica que o rotor promoveu uma trilha mais suave, reduzindo os impactos mecânicos mesmo quando as sementes estavam mais suscetíveis ao dano.

O sistema convencional (cilindro), embora tenha apresentado um  $R^2$  menor (0,5091), demonstrou maior sensibilidade à queda da umidade, refletindo em maior incidência de danos mecânicos nas colheitas realizadas nos horários mais quentes — como observado na Figura 1.

De modo geral, os resultados mostram que a colheita realizada em horários mais tardios reduz significativamente a umidade das sementes, aumentando sua suscetibilidade aos danos mecânicos. Portanto, recomenda-se que a colheita de sementes destinadas à produção ocorra preferencialmente nas primeiras horas da manhã, quando as condições de umidade são mais favoráveis, especialmente quando utilizado o sistema axial, que demonstrou maior eficiência na preservação da integridade física e fisiológica das sementes.



LEGENDA	F	R <sup>2</sup>	EQUAÇÕES
• Hor Colhei d. Sis 1	-	-	$y = 6,59375000$
+ Hor Colhei d. Sis 2	13,28**	0,7778	$y = -52,887500 + 9,65000000x - 0,37500000x^2$

Figura 3 – Comportamento da germinação das sementes de soja em função do horário de colheita e dos sistemas de trilha, com avaliação no 5º dia).

Sistema 1 = convencional (cilindro); Sistema 2 = axial (rotor).

Fonte: Dados da pesquisa (AgroEstat, 2025).

A Figura 3 apresenta o comportamento da germinação das sementes de soja, aos cinco dias de avaliação, em função do horário de colheita para os dois sistemas de trilha estudados. Observa-se que o sistema axial (linha vermelha) apresentou resposta quadrática, com ponto máximo próximo ao meio-dia, seguido de redução nos horários posteriores, enquanto o sistema convencional (linha preta) manteve valores inferiores de germinação ao longo de todo o período de avaliação.

O modelo de regressão ajustado para o sistema axial ( $y = -52,88 + 9,65x - 0,375x^2$ ) apresentou coeficiente de determinação elevado ( $R^2 = 0,7778$ ) e valor de F significativo (13,28\*\*), evidenciando que o horário de colheita influenciou de maneira expressiva a germinação das sementes. O pico observado por volta das 12h indica que, nesse momento, as sementes apresentaram teor de umidade

intermediário, condição que favorece a preservação da integridade física e o início do processo germinativo.

Nos horários mais tardios (14h e 16h), a germinação foi reduzida, coincidindo com a queda da umidade observada na Figura 2 e com o aumento dos danos mecânicos apresentado na Figura 1. Entretanto, mesmo com essa redução, o sistema axial manteve germinação superior à do sistema convencional, demonstrando maior capacidade de preservar a viabilidade fisiológica das sementes sob condições de menor teor de umidade.

De modo geral, os resultados indicam que a colheita em horários intermediários, sob condições de umidade mais equilibradas, tende a favorecer a germinação, especialmente no sistema axial, que apresentou desempenho fisiológico superior. Já o sistema convencional mostrou menor germinação em todos os horários, reforçando sua maior suscetibilidade a danos mecânicos quando as sementes estão mais secas.

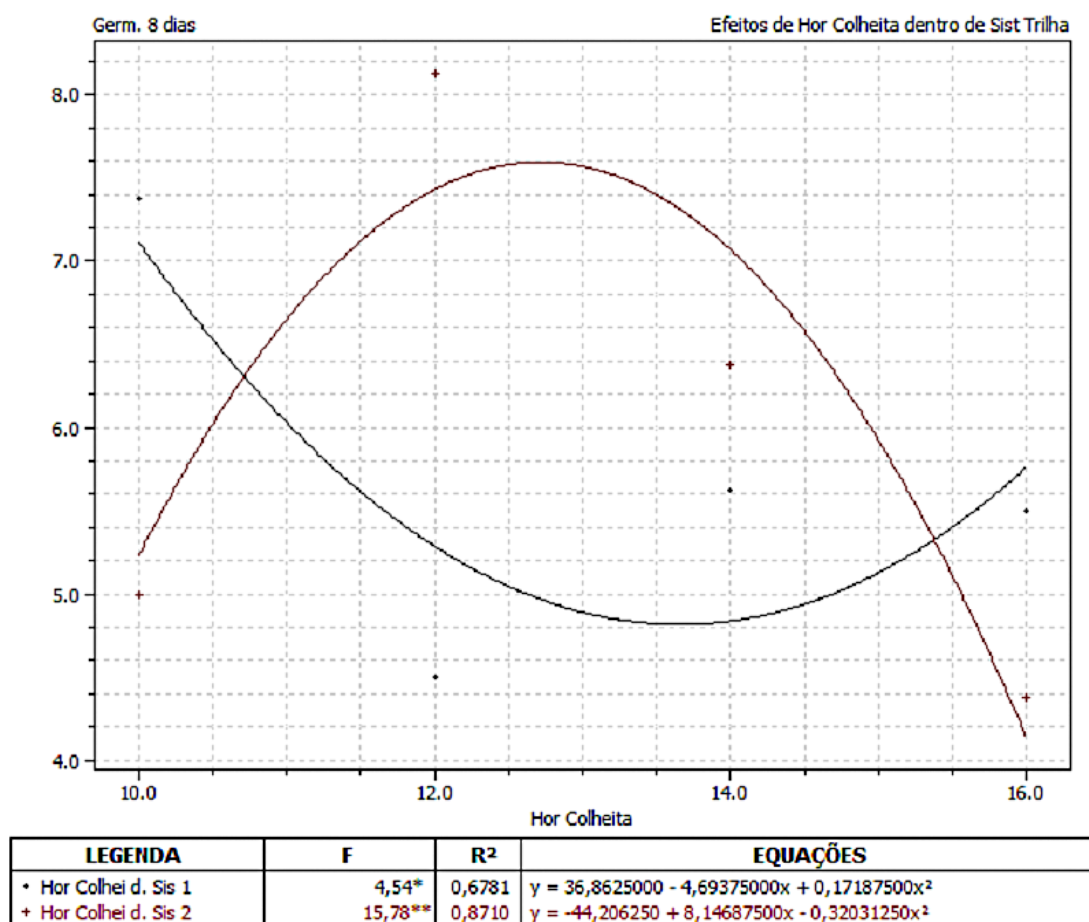


Figura 4 – Comportamento da emergência de plântulas de soja em função do horário de colheita e dos sistemas de trilha, com avaliação no 8º dia.

Sistema 1 = convencional (cilindro); Sistema 2 = axial (rotor).

Fonte: Dados da pesquisa (AgroEstat, 2025).

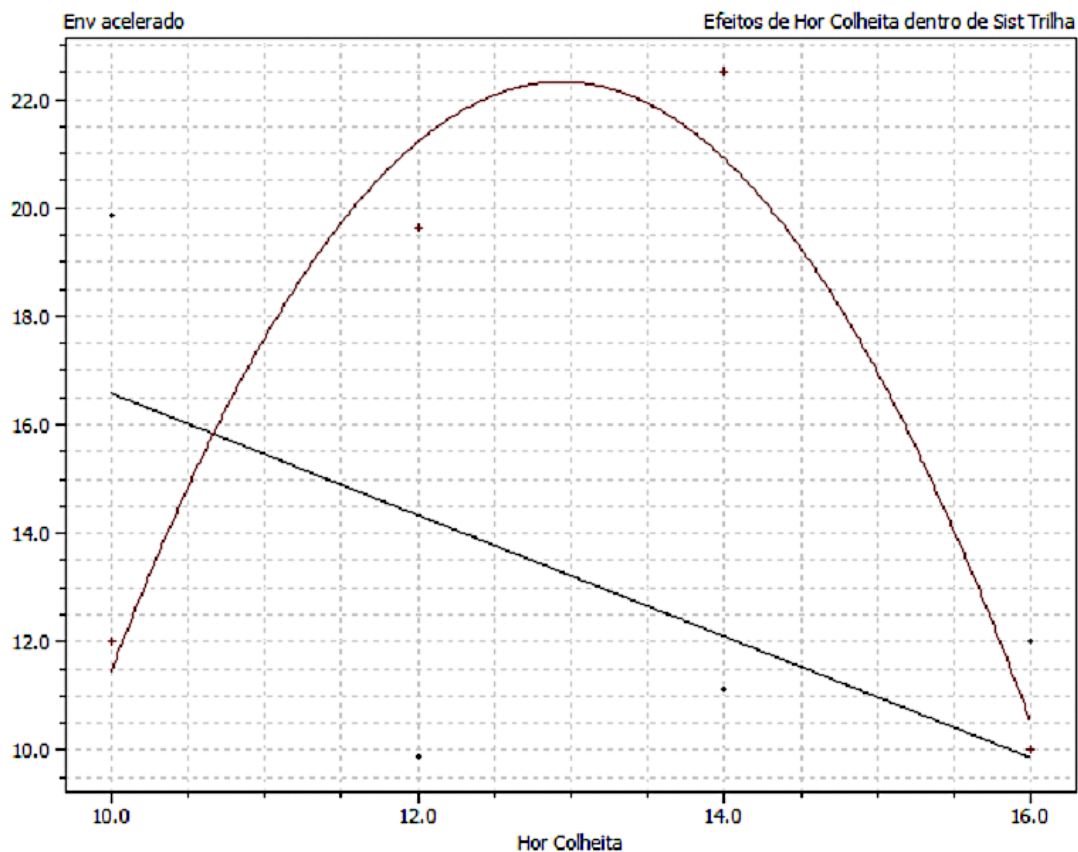
A Figura 4 apresenta o comportamento da emergência das plântulas de soja em função do horário de colheita para os dois sistemas de trilha avaliados. Observa-se que ambas as curvas seguiram tendência quadrática, evidenciando que o desempenho fisiológico das sementes variou ao longo do dia conforme o teor de umidade no momento da colheita.

O sistema axial (linha vermelha) apresentou ponto máximo de emergência nas proximidades das 12h, seguido de redução nas colheitas realizadas em horários mais tardios, conforme descrito pela equação  $y = -44,2062 + 8,1468x - 0,3203x^2$ , com elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,8710$ ) e F significativo (15,78\*\*). Mesmo com a queda no período da tarde, o sistema axial manteve valores de emergência superiores aos do sistema convencional, evidenciando maior preservação da qualidade fisiológica das sementes.

Já o sistema convencional (linha preta), embora tenha apresentado um modelo quadrático com leve recuperação em horários tardios ( $R^2 = 0,6781$ ;  $F = 4,54^*$ ), permaneceu com menores índices de emergência em todos os horários avaliados, confirmando sua maior sensibilidade à redução do teor de umidade e ao aumento dos danos mecânicos.

Esses resultados indicam que as sementes colhidas em horários intermediários, especialmente entre 10h e 12h, apresentaram maior vigor inicial, coincidindo com condições de umidade mais equilibradas. A redução da emergência no período da tarde está associada à menor elasticidade do tegumento e ao aumento da rigidez das estruturas internas, provocados pela perda de água (Figura 2) e pelo consequente aumento da incidência de danos mecânicos (Figura 1).

De modo geral, verifica-se que o sistema axial apresentou melhor desempenho fisiológico, mantendo maior emergência mesmo sob condições de menor umidade. O sistema convencional, por outro lado, apresentou maior variabilidade e menor capacidade de preservar a integridade das sementes ao longo do dia. Essa interação entre sistema de trilha e horário de colheita reforça a importância do monitoramento do teor de umidade durante a colheita, especialmente quando se busca a produção de sementes de alta qualidade.



LEGENDA	F	R <sup>2</sup>	EQUAÇÕES
• Hor Colhei d. Sis 1	11,60**	0,4080	$y = 27,7625000 - 1,11875000x$
+ Hor Colhei d. Sis 2	46,93**	0,9474	$y = -188,21875 + 32,5468750x - 1,25781250x^2$

Figura 5 – Vigor das sementes de soja (teste de envelhecimento acelerado) em função do horário de colheita nos sistemas de trilha.

Sistema 1 = convencional (cilindro); Sistema 2 = axial (rotor).

Fonte: Dados da pesquisa (AgroEstat, 2025).

A Figura 5 apresenta o comportamento do vigor das sementes de soja, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, em função do horário de colheita para os sistemas de trilha axial e convencional. Observa-se que os sistemas apresentaram comportamentos distintos: o sistema axial (linha vermelha) exibiu tendência quadrática, com ponto máximo por volta das 12h, enquanto o sistema convencional (linha preta) apresentou tendência linear decrescente ao longo do dia, refletindo perda contínua de vigor.

A equação ajustada para o sistema axial ( $y = -188,2187 + 32,5468x - 1,2578x^2$ ) apresentou elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9474$ ) e F altamente significativo (46,93\*\*), indicando forte influência do horário de colheita sobre o vigor das sementes. O pico de desempenho às 12h sugere que a colheita realizada nesse período, sob condições intermediárias de umidade, favoreceu a

preservação da integridade celular e retardar os efeitos da deterioração — evidenciando a capacidade do sistema axial de manter maior vigor mesmo diante da redução natural da umidade ao longo do dia.

Por outro lado, o sistema convencional apresentou decréscimo progressivo do vigor conforme o horário avançou, conforme indicado pela equação  $y = 27,7625 - 1,1187x$ , com  $R^2 = 0,4080$  e F significativo (11,60\*\*). Essa tendência confirma que o sistema convencional é mais suscetível aos efeitos da redução do teor de umidade das sementes, apresentando maiores danos latentes e menor capacidade de preservar a viabilidade fisiológica.

Os resultados do envelhecimento acelerado corroboram as observações obtidas nos testes de germinação (Figuras 3 e 4) e nos danos mecânicos latentes (Figura 1), reforçando que a queda da umidade ao longo do dia intensifica a rigidez do tegumento e aumenta a vulnerabilidade a danos internos, comprometendo o vigor e a longevidade das sementes — especialmente no sistema convencional.

Assim, recomenda-se a colheita nas primeiras horas da manhã ou em condições de maior umidade relativa, visando à preservação do vigor das sementes, com destaque para o sistema axial, que demonstrou superioridade na manutenção da qualidade fisiológica ao longo dos diferentes horários de colheita.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos evidenciaram que o horário de colheita exerce influência significativa sobre o teor de umidade, os danos mecânicos e a qualidade fisiológica das sementes de soja, com respostas distintas entre os sistemas de trilha axial e convencional.

Observou-se que o avanço do horário de colheita promoveu redução do teor de umidade das sementes, aumentando sua suscetibilidade a danos mecânicos. Entretanto, o sistema axial (rotor) apresentou maior capacidade de preservar a integridade das sementes mesmo sob condições de menor umidade, demonstrando desempenho fisiológico superior. Essa resposta está associada à maior eficiência do rotor em realizar uma trilha mais uniforme e menos agressiva, reduzindo o impacto direto sobre as estruturas internas das sementes.

O sistema convencional (cilindro), por sua vez, apresentou maior variabilidade ao longo do dia e maior incidência de danos latentes, refletindo menor capacidade de preservar o potencial fisiológico das sementes, especialmente nas colheitas realizadas sob menor teor de umidade.

Nos testes fisiológicos (germinação e envelhecimento acelerado), verificou-se que o horário intermediário de colheita, entre 11h e 13h, proporcionou os melhores resultados de germinação e vigor, com destaque para o sistema axial, que apresentou maior estabilidade e melhor desempenho nesses horários devido ao equilíbrio entre eficiência de trilha e preservação da integridade celular.

Conclui-se, portanto, que o momento da colheita é determinante para a manutenção da qualidade das sementes de soja. O planejamento operacional das colhedoras deve considerar tanto o horário de colheita quanto o sistema de trilha, de modo a minimizar os danos mecânicos e preservar a viabilidade das sementes. Recomenda-se priorizar a colheita em horários intermediários do dia, com monitoramento contínuo do teor de umidade e ajustes adequados no processo de trilha — especialmente no sistema axial, que demonstrou superioridade na manutenção da qualidade, vigor e longevidade das sementes destinadas à produção.

## AGRADECIMENTOS

(Beatriz Ferreira de Carvalho)

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela proteção diária, pela força nos momentos difíceis e por iluminar cada passo desta caminhada. Sem Ele, nada teria sido possível.

Aos meus pais, Edineuza e Jonas, minha casa, meu alicerce e meu porto seguro. Obrigada por cada palavra de incentivo, por todo amor, esforço e dedicação que sempre tiveram por mim. À minha irmã Izabelly, pelo carinho e pela leveza que traz aos meus dias. E ao meu noivo Vinicius, pelo amor, paciência, compreensão e apoio incondicional durante toda essa jornada.

Aos meus amigos do Centro Universitário Integrado, pela parceria, amizade e companheirismo que tornaram essa trajetória mais leve, alegre e inesquecível.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Krenski, minha sincera gratidão pela orientação cuidadosa, pelos ensinamentos, pela dedicação e pelas contribuições valiosas que tornaram este trabalho possível. Agradeço também a todos os professores que fizeram parte da minha formação, cada um contribuindo com conhecimento, motivação e inspiração ao longo dessa jornada acadêmica.

(Nathasha Gabrielly Santos Galbieri)

Agradeço à minha família pelo apoio e incentivo, especialmente à minha mãe Suzete e ao meu pai Douglas, por acreditarem sempre em mim.

Aos amigos do Centro Universitário Integrado, pela amizade, colaboração e constante apoio ao longo dessa trajetória.

E ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Krenski, pela orientação, paciência e disponibilidade durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- (1) EMBRAPA. Tecnologia de produção de soja: região central do Brasil 2020. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

- (2) SMANIOTTO, T. A. S. et al. Danos mecânicos e qualidade de sementes de soja em função do sistema de trilha de colhedoras. *Engenharia Agrícola*, v. 34, n. 6, p. 1139–1149, 2014.
- (3) SILVA, R. P. et al. Efeitos de sistemas de trilha e velocidade de colheita sobre danos mecânicos em sementes de soja. *Engenharia Agrícola*, v. 37, n. 1, p. 176–186, 2017.
- (4) FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. Qualidade fisiológica e manejo pós-colheita de sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2018.
- (5) MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.
- (6) FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas mecanicamente em diferentes horários. *Informativo Abrates*, v. 23, n. 1, p. 38–42, 2013.
- (7) FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. de; LORINI, I.; HENNING, F. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: Embrapa Soja, 2016. (Documentos, 380). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1057882/1/Documentos380OL1.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- (8) MARCOS-FILHO, J. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999.
- (9) FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Metodologia do teste de hipoclorito de sódio para avaliar danos mecânicos em sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja, 1998. (Comunicado Técnico, 35).
- (10) BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009.
- (11) BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015.
- (12) ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Tradução Disponível em: [https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil). Acesso em: 11 nov. 2025.