



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
ENGENHARIA AGRONÔMICA**

WALACE GUSTAVO CAMPOS DE ALMEIDA

**USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA**

**SETE LAGOAS - MG
DEZEMBRO, 2023**

WALACE GUSTAVO CAMPOS DE ALMEIDA

**USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
DE SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, *campus* Sete Lagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientadora: Dra. Nadia Nardely Lacerda Durães Parrella

**SETE LAGOAS - MG
DEZEMBRO, 2023
WALACE GUSTAVO CAMPOS DE ALMEIDA**

**USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
DE SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del Rei, *campus* Sete Lagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientadora: Dra. Nadia Nardely Lacerda Durães Parrella

Sete Lagoas, 01 de dezembro de 2023.

Banca Examinadora:

Dr. Amilton Ferreira da Silva - UFSJ

Ms. Diego Antônio Gonçalves

Dra. Nádia Nardely Lacerda Duraes Parrella - UFSJ

Data da aprovação: 01 de dezembro de 2023.

SUMÁRIO

Introdução	06
Objetivos	07
Material e Métodos	07
Resultados e Discussão	11
Conclusão	15
Agradecimentos	16
Referências	16
ANEXOS	17

Artigo preparado de acordo com as normas da Revista de Ciências Agroambientais.

RESUMO

A soja é uma das principais culturas plantadas no país, sendo assim, a avaliação das sementes torna-se indispensável quando se busca uma safra produtiva. O presente trabalho teve como objetivo utilizar a inteligência artificial WEKA na avaliação da qualidade de sementes de soja oriundas da safra 2022/2023 na região de Sete Lagoas - Minas Gerais. Os testes foram conduzidos no campo experimental e no laboratório de tecnologia de sementes da UFSJ Campus Sete Lagoas. Foram realizados cinco testes. A germinação em canteiro, germinação em papel germitest, umidade, envelhecimento acelerado e tetrazólio, ambos em dois tempos de produção, um no primeiro e outro no segundo semestre de 2023. Os resultados dos testes foram submetidos à análise e tomada de decisão da inteligência artificial WEKA por meio do algoritmo J48 o qual gerou as árvores de decisão. Os resultados obtidos mostram que o software auxiliou de forma efetiva a avaliação, indicando de forma mais visual as capacidades fisiológicas como vigor e germinação das sementes e a influência do armazenamento. Dessa forma, a avaliação de grandes lotes de sementes poderá ser feita de forma mais ágil e dinâmica com o uso do software WEKA.

Palavras-chave: Soja. Árvore de decisão. Inteligência artificial. Software. WEKA.

ABSTRACT

Soybean is one of the main crops cultivated in the country; therefore, seed evaluation is essential when aiming for a productive harvest. This study aimed to utilize the WEKA artificial intelligence in assessing the quality of soybean seeds from the 2022/2023 harvest in the Sete Lagoas region, Minas Gerais. Tests were conducted at the Experimental Field and the Seed Technology Laboratory at UFSJ Campus Sete Lagoas. Five tests were performed, including field germination, paper germination test, moisture content, accelerated aging, and tetrazolium tests, conducted at two production times in the first and second semesters of 2023. The test results underwent analysis and decision-making by the WEKA artificial intelligence using the J48 algorithm, which generated decision trees. The obtained results demonstrate that the software effectively assisted in the evaluation, visually indicating physiological capabilities such as seed vigor, germination, and the impact of storage. Consequently, the assessment of large seed batches can be conducted more swiftly and dynamically with the use of the WEKA software.

Keywords: Soybean, Decision tree, Artificial intelligence, Software.

1 INTRODUÇÃO

A soja é a segunda maior cultura plantada no estado de Minas Gerais, ocupando uma área de aproximadamente 1.982,9 mil hectares produzindo em média 7.021,7 toneladas na safra 2021/2022 (CONAB, 2022). Segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2022), uma considerável parte da produção advém das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, regiões estas que juntas concentram 44,6% da produção estadual.

Uma safra se inicia antes mesmo do plantio, já na aquisição de sementes, estas que devem ser certificadas, apresentarem boa qualidade e procedência garantida (Pazinato, 2017). A avaliação da qualidade das sementes se faz necessária uma vez que as características fisiológicas conduzirão o crescimento da planta no campo, resultando em produtividade.

Atualmente existem distintas formas de avaliação da qualidade como os testes de envelhecimento acelerado, teste de umidade, teste de tetrazólio, avaliação do crescimento de plântulas, entre outros (Rodrigues, 2020). Embora haja vários testes disponíveis, há uma necessidade do mercado em adotar novas tecnologias como uma forma de acelerar o processo de avaliação bem como auxiliar no desenvolvimento econômico do país.

No campo científico há uma crescente demanda que visa o estabelecimento de novos protocolos avançados de avaliação de vigor de sementes de forma mais assertiva. Assim, as informações obtidas ao longo do tempo poderão ser utilizadas na cadeia de produção sementeira, visando a melhoria do controle de qualidade das sementes comercializadas (Moraes, 2020).

A necessidade da adoção de novas tecnologias, se faz necessária em todas as áreas e no campo não é diferente. Busca-se por uma maior eficiência, precisão e velocidade nos resultados. Segundo Moraes (2020), a manipulação e criação de bases de dados quando se

trata do manejo em sementes de soja, faz-se indispensável devido ao volume de lotes a serem avaliados, tornando a manipulação manual, inviável.

Nesse contexto, a utilização de softwares aliados à inteligência artificial visando a avaliação da qualidade de sementes de soja se mostra como uma alternativa viável para atingir critérios específicos necessários para uma safra produtiva. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo utilizar a inteligência artificial WEKA na avaliação da qualidade de sementes de soja oriundas da safra 2022/2023 na região de Sete Lagoas - Minas Gerais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Sementes e no Campo Experimental da Universidade Federal de São João del-Rei, campus Sete Lagoas, na região central do estado de Minas Gerais, localizado a 19°28'35.93"S, 44°12'1.03"W e altitude de 752 metros. A classificação climática da região de acordo com Köppen e Geiger é do tipo Cwa, caracterizado pelo inverno seco e verão quente, com temperatura e precipitação média anual de 22,1°C e 1340 mm, respectivamente.

Para o início do experimento foram utilizados como tratamentos, sementes de quatro cultivares diferentes: TMG 7063, BS 2606, M 5917 e TEC 7849. Foram realizados os testes de tetrazólio, umidade em estufa, germinação em laboratório, envelhecimento acelerado e germinação em canteiro.

Os testes foram realizados em duas épocas, uma no primeiro semestre e outra no segundo semestre para todas as cultivares avaliadas. De posse dos resultados, os testes foram submetidos à análise de inteligência artificial para avaliação da qualidade das sementes.

2.1 Teste de tetrazólio: Viabilidade

A viabilidade das sementes foi estimada através do teste de tetrazólio. Os tratamentos foram as cultivares de soja TMG 7063, TEC 7849, BS 2606 e M 5917. Este teste consiste em imergir a semente em uma solução específica de forma a colorir de vermelho apenas os tecidos que possuem respiração ativa. A solução utilizada foi de 0,1% de cloreto de trifenil tetrazólio.

As sementes foram pré-umedecidas em papel toalha durante 16 horas para facilitar a ação do tetrazólio. Logo após, foram utilizadas 25 sementes para cada repetição de cada tratamento e colocadas em um frasco escuro com a solução, de forma a impedir a entrada de luz, o que ocasiona a redução do sal, reduzindo assim sua eficiência. Após 2 horas submersas,

as sementes foram lavadas em água corrente e levadas para a avaliação, onde foi feita a incisão para separação dos cotilédones.

A avaliação da viabilidade foi realizada por meio de características da parte externa da semente. Através desse teste foi possível avaliar se as sementes eram viáveis ou não, além de identificar as causas da inviabilidade delas, como ataques de percevejo, danos mecânicos como rachaduras e danos por umidade.

2.2 Teste de umidade: Método da estufa

O teste de umidade foi realizado pelo método da estufa, que consistiu em secar as sementes a 105°C durante 24 horas. O procedimento foi feito a partir da pesagem da semente anteriormente a secagem, sendo colocadas em recipientes de alumínio para serem introduzidas na estufa.

Após o período estipulado, as sementes foram retiradas da estufa e foi realizada novamente a pesagem das sementes. A umidade foi calculada pela divisão do peso seco (Ps) pelo peso úmido (Pu) multiplicado por 100.

$$\text{Umidade (\%)} = (\text{PS/PU}) * 100$$

2.3 Teste de germinação em laboratório: Germitest

O teste de germinação das sementes em laboratório foi feito buscando condições ótimas de germinação. As sementes foram separadas em 4 repetições de 50 sementes cada, sendo colocadas para germinar entre papéis germitest umedecidos. Logo após esse processo, elas foram colocadas no germinador durante 7 dias em temperatura próxima a 25°C. Ao final dos 7 dias, foram feitas avaliações visuais da quantidade de sementes germinadas.

2.4 Teste do Envelhecimento acelerado

O teste do envelhecimento acelerado tem como função simular condições de estresse das sementes. Para isso, as sementes foram colocadas em uma peneira dentro de um gerbox de forma a não ter contato direto com a água. Uma lâmina de água foi colocada no fundo do gerbox a fim de gerar um ambiente com alta umidade e temperatura, acelerando a deterioração das sementes.

As sementes foram colocadas no germinador por 48 horas a uma temperatura de 42°C. Após esse processo, elas foram colocadas para germinar em papel germitest umedecidos e

colocados no germinador durante 7 dias à 25°C. Logo após esse período, foi feito o processo de avaliação das sementes que foram germinadas. Após 7 dias de germinação, foi avaliado o número total de sementes germinadas e o número de sementes não germinadas.

2.5 Teste de emergência em canteiro: Vigor

O teste de germinação em canteiro é o principal teste realizado para avaliar o vigor de um lote de sementes. O teste foi feito em canteiros de areia de forma a não haver interferências na germinação, com isso, os 4 tratamentos foram dispostos em repetições com 50 sementes cada. As sementes foram plantadas e após 7 dias foi feito uma contagem manual das sementes que emergiram.

2.6 Análises dos dados: inteligência artificial WEKA

A partir de todos os dados reunidos com os testes descritos acima, foi preciso realizar a conversão dos resultados para um formato aceitável pelo software WEKA (formato arff). O programa consiste em uma inteligência artificial que faz a leitura dos dados e, a partir de algoritmos oriundos de bancos de dados, fornece informações decisivas para tomadas de decisão, comumente chamada de árvore de decisão.

Outra possibilidade a se destacar do software é a possibilidade da criação de regras de combinação, onde será reunido o conjunto de dados, e assim o programa mostrará algumas previsões com base na sequência de resultados obtidos dos próprios testes.

2.6.1 Mineração de Dados

A mineração de dados é o primeiro passo para se iniciar qualquer tipo de avaliação feita pelo software WEKA. Essa técnica consiste em deixar os dados de uma maneira que possibilite a interpretação e o processamento dos dados. O formato aceito pelo WEKA e também utilizado neste trabalho é o formato ARFF que é gerado a partir de um documento criado no bloco de notas seguindo um conjunto de regras estabelecidas.

Os dados foram dispostos de acordo com a (Figura 1): o primeiro @ denominado “*relation*” foi indicado como o título do arquivo. O segundo @ foi chamado de “*attribute*” que são todos os parâmetros utilizados em avaliação, seguido pelas devidas respostas colocadas dentro de chaves, podendo serem nominais ou numerais. Já no terceiro @ foram dispostos os dados coletados durante o experimento, atribuindo para cada unidade experimental a resposta de cada um dos parâmetros.

Um ponto que deve ser destacado é que o software não consegue realizar leituras de alguns elementos comuns da língua portuguesa como acentos, hífens, cedilhas, entre outros.

Para exemplificação convencionou-se que cada linha conteve as respostas obtidas nos testes realizados para cada tratamento. A primeira linha apresentou os seguintes dados: “cultivar”: TMG 7846; “período”: primeiro; “umidade”: >13; “envelhecimento acelerado”: médio; “tetrazólio”: alto; “germinação em germitest”: alto; “germinação em canteiro”: alto”. Esse modelo foi feito para as demais repetições e tratamentos.

O conjunto “@data” das respostas foi disposto na ordem dos “@attribute” dos parâmetros avaliados. A (Tabela 2) define como foram classificados de formas nominais o conjunto de dados que são numerais.

2.6.2 Conversão do arquivo

A conversão do arquivo foi a próxima etapa realizada, onde o arquivo montado no bloco de notas foi transformado em formato ARFF. Para isso, utilizou-se o caminho: salvar como > adicionar no final do título do arquivo a sigla “arff”, como descrito na (Figura 2).

2.6.3 Interpretação do software

O algoritmo J48 possui distintas ferramentas de uso para interpretação de um conjunto de dados como classificações, associações, agrupamento de dados, montagem de gráficos, entre outros. Nesse sentido, utilizou-se o algoritmo J48 para realizar a montagem das árvores de decisão a fim de deixar as informações coletadas mais dinâmicas e de fácil interpretação (Figura 3).

2.6.4 Processamento de dados: montagem de árvores de decisão

Após a verificação de que todos os parâmetros foram incluídos no arquivo, prosseguiu-se para a ferramenta de classificação “Classify”. O primeiro passo foi selecionar o algoritmo correto seguindo a seguinte ordem: *Classify > Choose > Trees > J48*.

Logo após realizada essa operação, selecionou-se a opção “Use training set” e abaixo selecionou-se qual dos parâmetros pretendia-se avaliar no momento. Em seguida, ao clicar no campo “start” o processamento foi iniciado.

A árvore de decisão ficou disponível logo após rodar as informações selecionadas. Com isso, utilizou-se do botão direito do mouse posicionando-o em cima do nome do arquivo

gerado, assim, somente foi necessário selecionar a opção “*Visualize tree*” e os resultados ficaram disponíveis (Figura 4).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise qualidade de sementes

Os resultados dos testes de avaliação da qualidade das sementes das cultivares de soja em duas épocas de armazenamento são apresentados na Tabela 1. A partir dos resultados dos testes de análise de sementes, procedeu-se à mineração dos dados, simulando algumas situações com características principais para tomada de decisão.

ÉPOCA 1					
CULTIVAR	UMIDADE (%)	ENVELHECIMENTO (%)	TETRAZÓLIO (%)	GERMITEST (%)	CANTEIRO (%)
TMG 7849	13,2	67	85	82	74
BS 2606	13,35	15	61	48	32
M 5917	11,85	1	60	25	13
TEC 7849	13,65	75	82	95	86
ÉPOCA 2 ARMAZENADAS					
CULTIVAR	UMIDADE (%)	ENVELHECIMENTO (%)	TETRAZÓLIO (%)	GERMITEST (%)	CANTEIRO (%)
TMG 7849	9,37	0	70	62	77
BS 2606	10,87	0	56	16	39
M 5917	10,07	0	47	2	14
TEC 7849	10,62	20	80	72	83

Tabela 1. Valores médios das repetições de cada tratamento (cultivares) em seus respectivos testes.

Análises dos dados: inteligência artificial WEKA

3.2 Simulação 1: germinação (Vigor)

A acurácia é uma medida que avalia os resultados atingidos pelo WEKA, indicando o quão assertivo foram as respostas obtidas, esses valores variam de 0 a 100%. Levando em consideração esse conceito, para esta simulação houve uma acurácia próxima a 87,5%. A árvore de decisão obtida destaca as cultivares TEC 7849 e TMG 7849 possuem alto vigor, apresentando taxas de germinação acima de 75%.

Seguindo a mesma árvore de decisão, houve a indicação de que a cultivar M 5917 apresentou baixo vigor na primeira avaliação com índices de germinação abaixo de 25%. Já

para cultivar BS 2606 houve baixa germinação no primeiro semestre de avaliação e média germinação no segundo semestre.

Segundo VERGARA (2019) em trabalho conduzindo sementes de soja e a influência do armazenamento nas taxas de germinação, houve indicação de que o mau armazenamento a campo poderá causar redução no potencial germinativo com expressiva redução do vigor. Esse fato pode corroborar os baixos índices de vigor obtidos para as cultivares BS 2606 e M 5917 entre os dois períodos de avaliação.

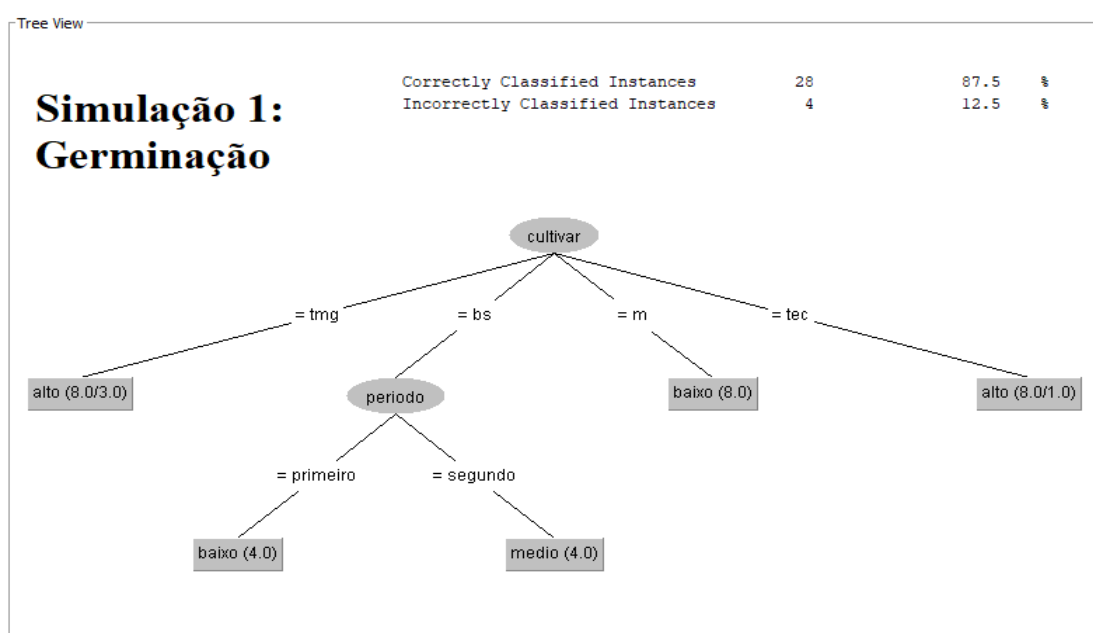


Figura 1. Árvore de decisão obtida dos testes de germinação (vigor).

3.2 Simulação 2: germitest (Germinação)

A árvore de decisão para os testes conduzidos em papel germitest indicam acurácia de 84,3%, e essa simulação busca avaliar a germinação em condições ideais. Utilizando como referência as médias do teste de envelhecimento acelerado, as ligações obtidas indicam que para alto envelhecimento houve alta germinação, e condições de médio envelhecimento apresentaram alta germinação. Quando testado o envelhecimento muito baixo foi necessário avaliar também as cultivares

As cultivares TEC 7849 e TMG 7849 apresentaram média germinação, a cultivar M 5917 indicou germinação muito baixa e para a cultivar BS 2606 foi necessário avaliar ainda o período. Para esta cultivar, no primeiro período de avaliação houve baixa germinação e no segundo período uma germinação muito baixa. A causa da redução do índice germinativo está

associada à deterioração ocasionada pelas temperaturas e umidade do ambiente de armazenamento (Kaefer, 2019).

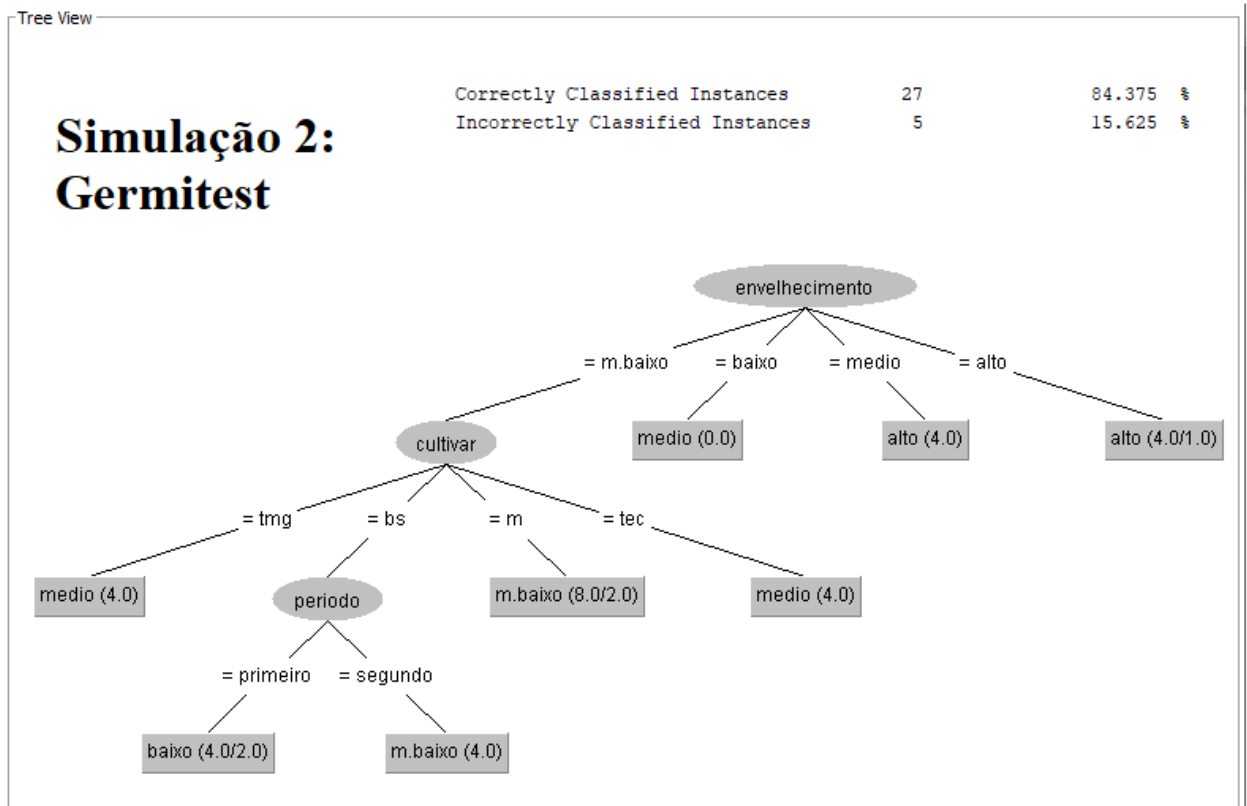


Figura 2. Árvore de decisão obtida do germitest.

3.3 Simulação 3: envelhecimento acelerado (Estresse fisiológico)

A acurácia acima de 90% da simulação 3 indica que a árvore de decisão obtida a partir do teste de envelhecimento acelerado possui alta relação com o teste do germitest, este que apresentando valores muito baixos, baixos e médios tende a manter os valores do teste de envelhecimento acelerado também muito baixos.

As sementes mesmo em condições ideais fornecidas no germitest não apresentaram vigor suficiente, logo, as médias dos testes de envelhecimento acelerado serão rebaixadas em função da lógica, se em condições ideais não houve germinação expressiva, na presença de estresse como agravante, também, não haverá a germinação satisfatória.

Quando a germinação foi considerada alta, avaliou-se as cultivares. As cultivares TMG 7063 e TEC 7849 apresentaram valores médios e altos respectivamente, mesmo para condições de envelhecimento acelerado.

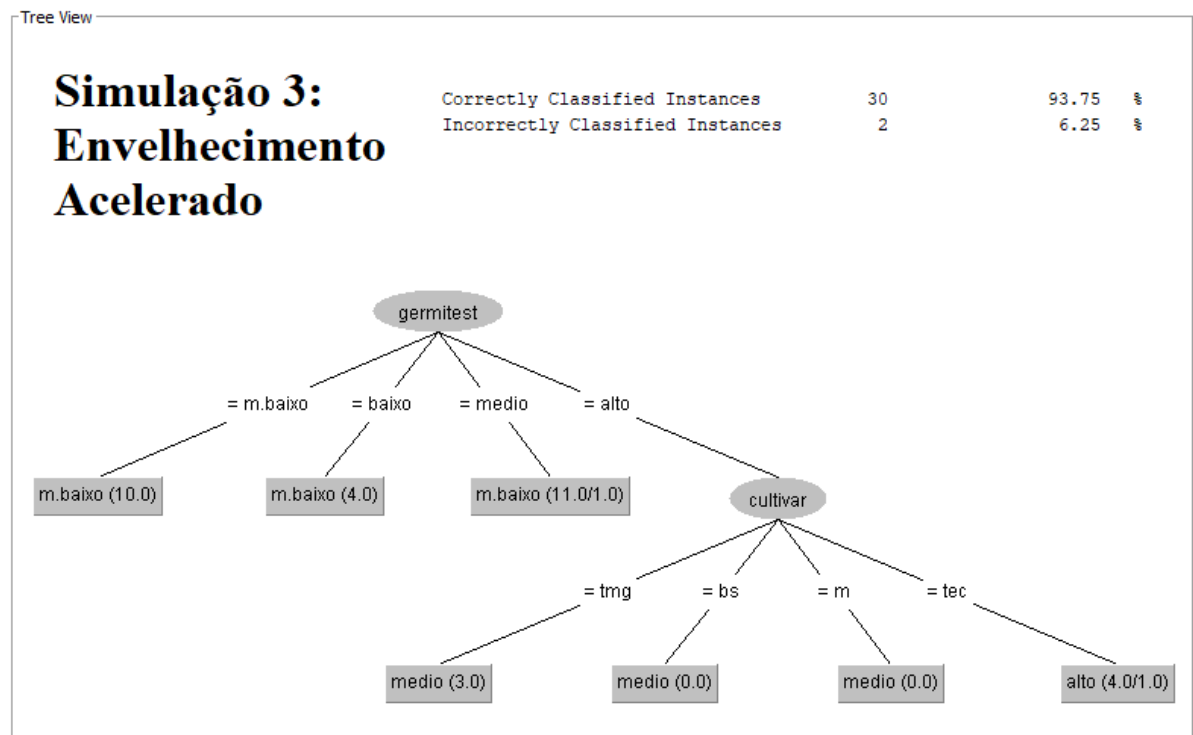


Figura 3. Árvore de decisão obtida do teste de envelhecimento acelerado.

3.4 Simulação 4: Umidade

Com uma acurácia de 96,8%, a árvore de decisão construída embasada no teste de umidade apresentou valores acima de 13% de umidade no primeiro período e abaixo de 13% no segundo período de avaliações. A redução da umidade da semente ocasiona deficiências na germinação, uma vez que a maturação fisiológica das sementes está intimamente ligada ao teor de água disponível para o início do processo (Brandelero, 2019).

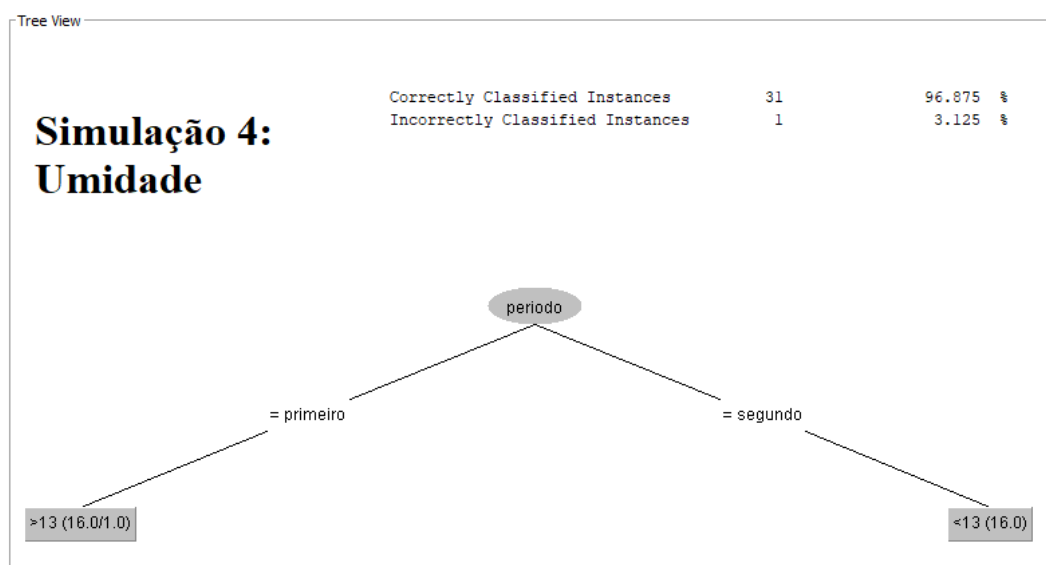


Figura 4. Árvore de decisão obtida do teste de umidade.

3.5 Simulação 5: Tetrazólio

A avaliação dos testes de tetrazólio apresentou acurácia de 78%, sendo possível notar que, diretamente, o teste de tetrazólio está ligada a cultivar, visto que as cultivares TMG 7063 e TEC 7849 mostram que este teste será bem-sucedido. Já as cultivares BS 2606 e M 5917 apresentaram valores médios para tetrazólio.

Segundo Lima (2021) em trabalho avaliando sementes de soja submetidas ao teste do tetrazólio, as cultivares Maracaí e TMG 2381 apresentaram altas taxas de germinação e vigor. A efetividade deste teste faz com ele seja um dos mais utilizados atualmente. Resultados obtidos através desse método em associação com os testes de germinação norteiam os principais bancos de dados disponíveis no mercado.

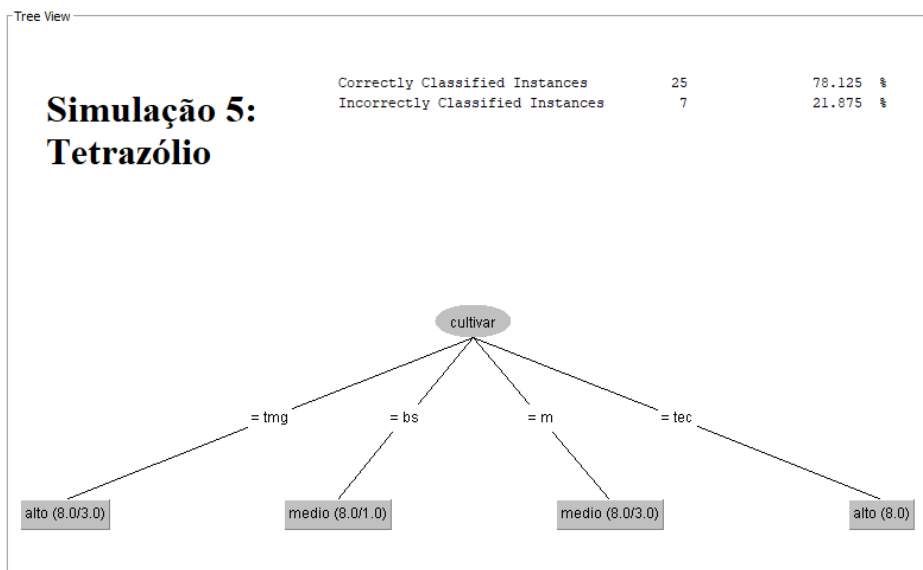


Figura 5. Árvore de decisão obtida do teste de tetrazólio.

3.6 Simulação 6: Período (Época)

Na simulação 6 das avaliações de árvores de decisão, constatou-se uma acurácia de 71,8% para o parâmetro “período”, sendo ele no primeiro ou segundo semestre. Através das médias dos testes avaliados pelo tetrazólio, foi confirmado que os índices foram altos no primeiro semestre e baixo no segundo.

Para a simulação, quando avaliando o tetrazólio médio, foi necessário unir a combinação das cultivares, onde a M 5917 e a BS 2606 obtiveram valores de tetrazólio médio no primeiro período e a cultivar TMG 7063 apresentou alguns valores próximos ao do segundo período.

O armazenamento visa garantir a qualidade das sementes durante o período entre o beneficiamento e a comercialização, as condições inadequadas de armazenamento provocam a redução do vigor, bem como as taxas de germinação na safra. Fatores como temperatura e umidade devem ser monitorados durante todo o ciclo, bem como o tratamento de sementes aumentando assim sua viabilidade (Ferrazza, 2019).

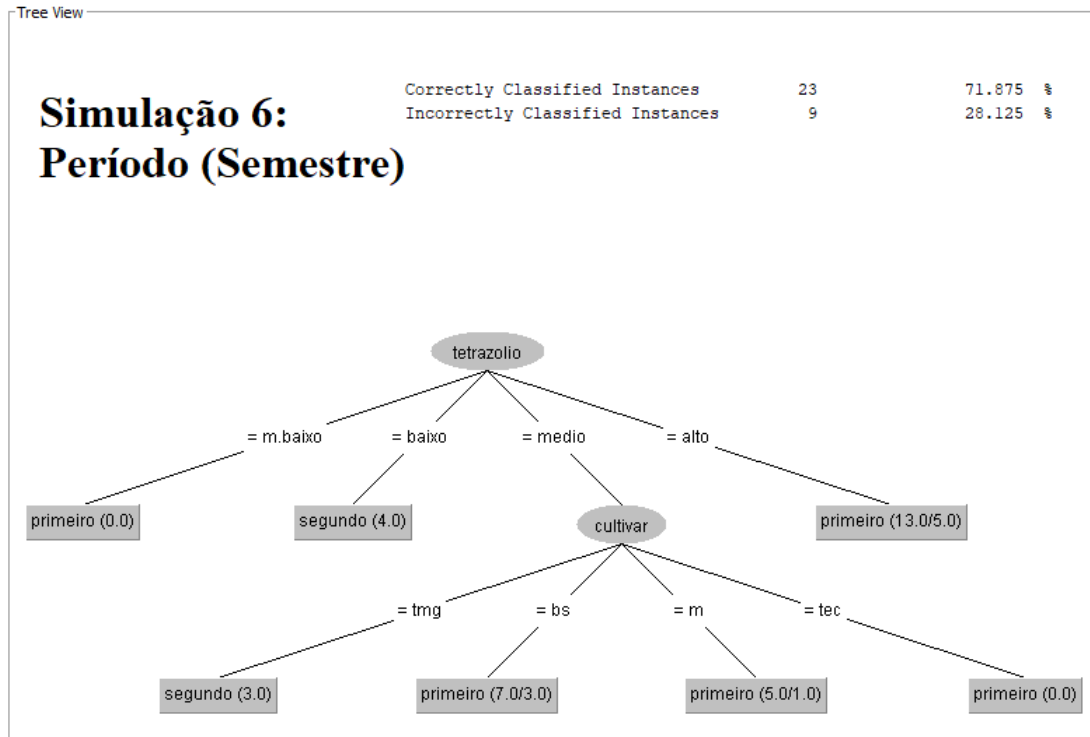


Figura 6. Árvore de decisão obtida do segundo período de avaliações.

4 CONCLUSÃO

As árvores de decisão geradas através do WEKA possibilitaram a formação de um conjunto de dados, tornando possível analisar de forma clara e objetiva todos os parâmetros requeridos, e assim auxiliar nas tomadas de decisão. Ainda foi possível definir quais cultivares apresentaram maiores taxas de vigor, germinação, capacidade de armazenamento entre outras características importantes.

Diante dos fatos mencionados, conclui-se que com a utilização desse software por empresas sementeiras em que a avaliação de lotes de sementes é feita de forma corriqueira, a adoção dessa inteligência artificial no processo produtivo poderá agilizar e dinamizar as avaliações de forma segura e eficiente.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, engenheiro da vida por iluminar e direcionar meus caminhos para alcançar os objetivos ao longo dessa trajetória.

Agradeço à toda minha família, principalmente aos meus pais e irmãos que sempre foram meu porto seguro, me incentivando a manter firme mesmo em momentos de desânimo.

Agradeço ao grupo Melhorar, que sempre foi uma grande base na vida acadêmica, onde me foi possibilitado vivenciar experiências incríveis ao lado de uma equipe fenomenal.

Agradeço à República Pata de Vaca, onde vivi e convivi durante 5 anos. Aqui foi um dos pontos principais na minha percepção de convivência coletiva, agradeço de coração a cada um dos moradores que estiveram comigo.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas que entraram em minha vida durante esse período, sou grato por cada momento compartilhado.

E por fim agradeço à banca avaliadora, especialmente a Prof^a Nádía, que apesar do curto prazo sempre demonstrou disposição para executarmos com excelência este trabalho.

6 REFERÊNCIAS

- BRANDELERO, Willian et al. Vigor e viabilidade de sementes de soja em resposta a umidade durante o processo de armazenagem. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 342-350, 2019.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Grãos - Safra 2022/23. 2º Levantamento.** Novembro de 2022. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/50041_d88c251198bcf179946b667d192dc1b5. Acesso em: 15 nov. 2023.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Soja.** 2011. Disponível em: www.embrapa.gov.br. Acesso em: 12 nov. 2023.
- FERRAZZA, Felipe Leandro Felipim et al. EFEITOS DO ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA APÓS O TRATAMENTO. **Salão do Conhecimento**, 2019.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2022/estProdAgri_202210.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.
- KAEFER, J. et al. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja. **CIÊNCIA & TECNOLOGIA (Cruz Alta)**, v. 3, p. 13-22, 2019.
- LIMA, Fernando De. **Análises de sementes de soja através do teste de Tetrázólio, um estudo de caso na fazenda mirage II.** 2021.
- MORAES, Nicacia Andrade Borges. **Predição de ranqueamento de lotes de sementes de milho por inteligência artificial .** 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.
- PAZINATO, Aislam Celso. **Taxa de utilização e comercialização de sementes de soja nas filiais C. Vale-RS.** 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.
- RODRIGUES, Mayara. **Vigor-S: sistema para avaliação automatizada do vigor de sementes de soja.** 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- VERGARA, Rafael et al. Atraso na colheita, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Journal of Seed Science** , v. 506-513, 2019.

ANEXOS

Tabela 2. Transformação de resultados nominais do conjunto de dados a equivalentes em numerais.

Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto
$0 \leq 25\%$	$25 \leq 50\%$	$50 \leq 75\%$	$75 < 100\%$

FIGURAS

```
tcc final - Bloco de Notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
@relation germinacao

@attribute cultivar {tmg,bs,m,tec}
@attribute periodo {primeiro,segundo}
@attribute umidade {>13,<13}
@attribute envelhecimento {m.baixo,baixo,medio,alto}
@attribute tetrazolio {m.baixo,baixo,medio,alto}
@attribute germitest {m.baixo,baixo,medio,alto}
@attribute germinacao {m.baixo,baixo,medio,alto}

@data

tmg,primeiro,>13,medio,alto,alto,medio
tmg,primeiro,>13,medio,alto,alto,alto
tmg,primeiro,>13,medio,alto,alto,medio
tmg,primeiro,>13,alto,alto,medio,medio
tmg,segundo,<13,m.baixo,medio,medio,alto
tmg,segundo,<13,m.baixo,medio,medio,medio
tmg,segundo,<13,m.baixo,medio,medio,medio
tmg,segundo,<13,m.baixo,alto,baixo,alto
bs,primeiro,<13,m.baixo,medio,medio,baixo
bs,primeiro,>13,m.baixo,medio,medio,baixo
bs,primeiro,>13,m.baixo,medio,baixo,baixo
bs,primeiro,>13,m.baixo,medio,baixo,baixo
bs,segundo,<13,m.baixo,baixo,m.baixo,medio
bs,segundo,<13,m.baixo,medio,m.baixo,medio
bs,segundo,<13,m.baixo,medio,m.baixo,medio
bs,segundo,<13,m.baixo,medio,m.baixo,medio
m,primeiro,>13,m.baixo,medio,m.baixo,baixo
m,primeiro,>13,m.baixo,medio,baixo,baixo
m,primeiro,>13,m.baixo,medio,m.baixo,baixo
```

Figura 1. Disposição dos dados oriundos dos testes com todos os parâmetros obtidos de cada um dos tratamentos e repetições no software WEKA.

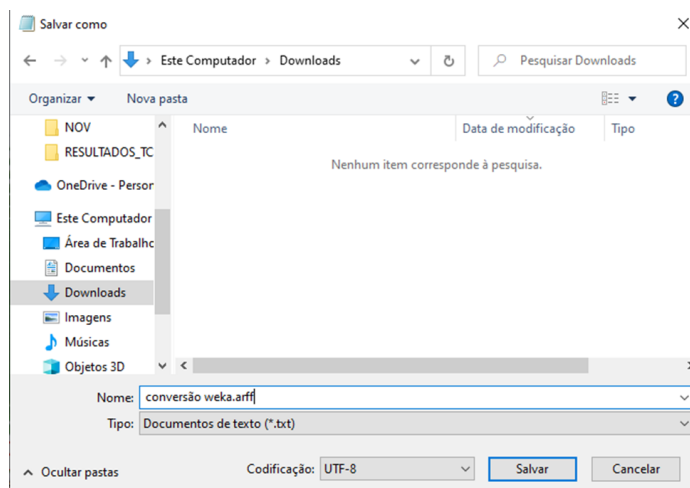


Figura 2. Conversão do arquivo do bloco de notas em formato ARFF, aceito pelo WEKA.

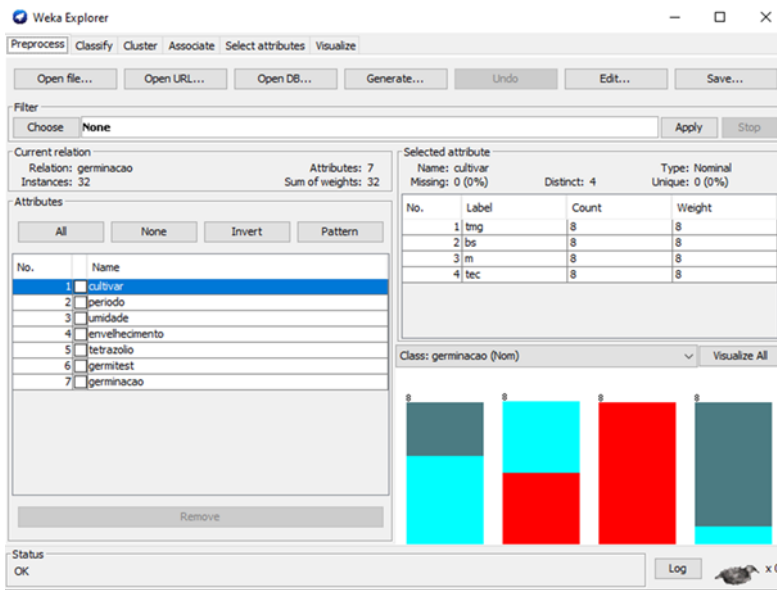


Figura 3. Classificação dos dados através do algoritmo J48 para a formação das árvores de decisão.

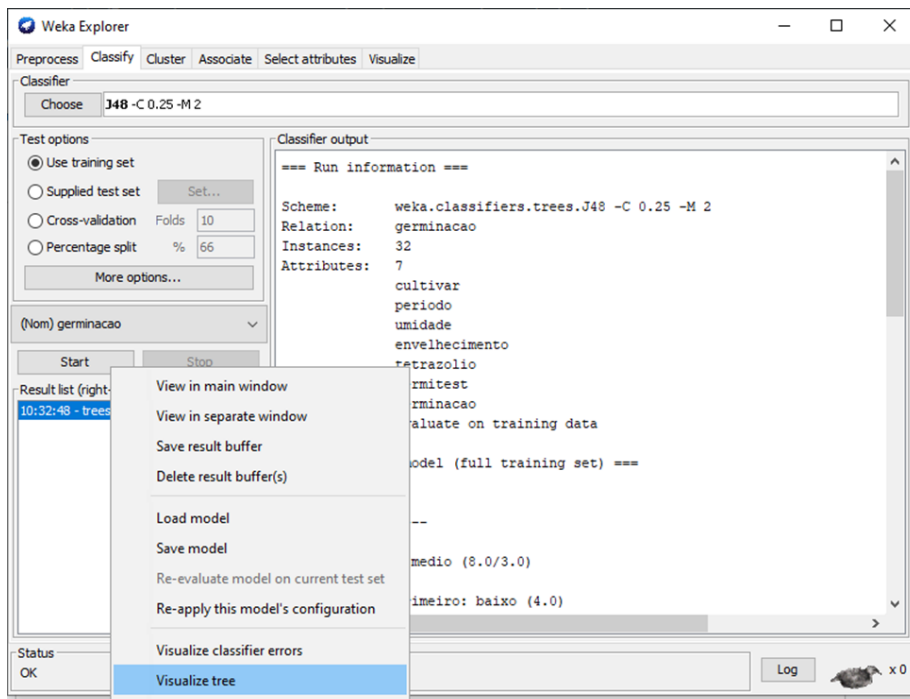


Figura 4. Tela de visualização da árvore de decisão dentro do software WEKA.

