



QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE AVEIA BRANCA: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CULTIVARES E LINHAGENS

Mariana Souza Costa¹, Luana Held Salinet², Cintia Sorane Good Kitzberger³, Livia Cristina Pronko Gouveia⁴, José Mauricio Thomaz Ribeiro Setti⁵, Marcelo Teixeira Pacheco⁶, Klever Márcio Antunes Arruda⁷, Carlos Roberto Riede⁸, Juliano Luiz de Almeida⁹

Introdução

O endosperma da aveia (*Avena Sativa* L.) é o principal tecido de armazenamento do grão, abrigando as reservas de amido, proteínas e lipídios. Diferentemente de outros cereais, a aveia apresenta altos teores de lipídios que não se restringem ao germe, mas estão distribuídos por todo o endosperma amiláceo (Peterson; Wood, 1997). A dureza do grão é uma característica física complexa que afeta diretamente a propensão da cariopse à quebra durante os processos de descasque e moagem na indústria (Doehlert; McMullen, 2000). A facilidade com que a casca é removida tem implicações vitais na eficiência da moagem, uma vez que variedades com baixa facilidade de descascamento exigem maiores velocidades de impacto no equipamento, o que resulta em uma quebra muito maior da cariopse e reduz o rendimento final de extração para a indústria (Howarth *et al.*, 2021). Dessa forma, características físicas de tamanho e formato do grão estão intimamente associadas ao rendimento e à qualidade de moagem.

A produtividade final da cultura depende estritamente do número de flores viáveis que produzem grãos e do peso de mil grãos (Marshall; Sorrells, 1992). O tamanho e o peso individual do grão são determinados sequencialmente no período compreendido entre a antese e a maturidade (Castro; Kluge, 1999). Durante a formação da cariopse (período de enchimento), a massa do grão aumenta quase linearmente e é seguida por um crescimento assintótico, culminando na maturação fisiológica com a redução rápida do teor de água (Fulcher, 1986). O pleno desenvolvimento da cariopse, que reflete diretamente no peso do grão, é garantido tanto pela atividade fotossintética atual de estruturas como a folha bandeira e a própria panícula, quanto pela mobilização de importantes reservas de carboidratos previamente armazenados nos colmos e bainhas da planta (Marshall; Sorrells, 1992). O peso de mil grãos e o conteúdo da cariopse estão positivamente associados à largura do grão. As condições ambientais neste estágio são determinantes, pois as temperaturas mais elevadas após a antese podem encurtar o período de enchimento de grãos, reduzindo significativamente o seu peso final. Além disso, a competição metabólica em plantas com um número elevado de grãos por área pode resultar no enchimento incompleto, originando grãos menores (Howarth *et al.*, 2021).

¹Tecnol. Alim., Dr. ^a, Pesquisador, SL Cereais e Alimentos, Mauá da Serra, PR. E-mail: mariana.costa@slalimentos.com.br

²Eng. Agr., SL Cereais e Alimentos, Mauá da Serra, PR. E-mail: luana.salinet@slpart.com.br

³Eng. Alim., Dr. ^a, Profissional Especializado, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR EMATER, Londrina, PR. E-mail: cintiasorane@yahoo.com.br

⁴Eng. Agr. SL Cereais e Alimentos, Mauá da Serra, PR. E-mail: livia.gouveia@slpart.com.br

⁵ Eng. Mec., Diretor Industrial e Pesquisador, SL Cereais e Alimentos, Mauá da Serra, PR. E-mail: thomaz@slpart.com.br

⁶Eng. Agr., Ph.D., Prof. Dep. de Plantas de Lavoura, Fac. de Agronomia, UFRGS. E-mail: marpac@ufrgs.br

⁷Eng. Agr., Dr. Pesquisador, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR EMATER, Londrina, PR. E-mail: klever@iapar.br

⁸Eng. Agr., Dr. Pesquisador, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR EMATER, Londrina, PR. E-mail: crriede@iapar.br

⁹Eng. Agr., Dr. Pesquisador, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, Guarapuava, PR. E-mail: juliano@agraria.com.br

A proporção de cariopse (grão descascado) nas cultivares comerciais de aveia varia entre 68% e 72% do peso total do grão, sendo fatores influenciados pelas condições ambientais e manejo da cultura (Webster, 1996). O restante é composto pelas brácteas florais (lema e pálea), que formam a casca e se caracterizam por um baixo teor de proteínas (Youngs, 1972). Os fatores que determinam a proporção entre casca e cariopse, bem como a qualidade de moagem, dividem-se em quatro categorias: genéticas, ambientais, nutricionais e de armazenamento. A literatura ressalta que o rendimento de cariopse flutua consideravelmente de ano para ano, sendo uma característica altamente responsiva às intempéries do ambiente de cultivo (Webster, 1996). Como o peso do hectolitro e a proporção de casca sofrem grande influência ambiental, o uso de cultivares que demonstrem maior estabilidade de descasque frente às variações de ambiente é fundamental para a indústria prever com segurança o seu rendimento de moagem (Howarth *et al.*, 2021).

Desta forma, o objetivo foi caracterizar as propriedades físico-químicas e o comportamento mecânico de grãos de cultivares e linhagens de aveia branca, procedentes do Rio Grande do Sul e Paraná, visando identificar materiais com maior aptidão para o processamento industrial.

Material e métodos

Foram avaliadas 14 cultivares de aveia branca granífera, cultivadas no ano agrícola de 2025, em experimentos conduzidos nas regiões de Londrina-PR, Guarapuava-PR e Eldorado do Sul-RS participantes do Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia (EBCA), 6 linhagens participantes do Ensaio Brasileiro de Linhagens de Aveia (EBLA) em experimentos conduzidos em Londrina-PR, Santa Tereza do Oeste-PR, Guarapuava-PR e Eldorado do Sul-RS e 16 linhagens de aveia participantes do Ensaio Regional de Linhagens de Aveia (ERLA) em experimentos conduzidos em Guarapuava-PR e Eldorado do Sul-RS.

Após colheita dos materiais os mesmos passaram pela seleção e limpeza e foi determinado o peso hectolitro dos grãos de aveia. Na sequência 50g de grãos foram segregados e descascados em descascador de impacto de ar comprimido por 75 segundos para determinar o percentual de cariopse e casca e, posteriormente, descascados por 3 minutos para determinar a quantidade de grãos não descascados e grãos quebrados. Após o descascamento, os grãos descascados foram homogeneizados para a determinação do peso de mil grãos (PMG) e a dureza do grão, 10g de grãos foram moídos em micro-moinho por 5 segundos e classificados nas peneiras de 800 μm e 250 μm . A partir da farinha de aveia de cada material foi determinado o teor de umidade, lipídios e cinzas seguindo a metodologia da Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1995). Os dados foram submetidos a análises de variância, correlação de Pearson, análise de componentes principais (ACP) e de agrupamento hierárquico (AAH) entre todas as variáveis estudadas utilizando-se o programa estatístico XLSTAT (ADDINSOFT, 2010).

Resultados e discussão

Ao avaliar os dados de todas as linhagens e cultivares, determinou-se a classificação prévia com base nos parâmetros de recebimento da indústria para o $\text{PH} \leq 40 \text{ Kg/hl}$ e em relação aos dados da literatura para percentual de cariopse a faixa de 68% a 72% do peso total do grão (WEBSTER, 1996). Dessa forma, determinou-se a relação entre o percentual de casca e de cariopse, estipulando-se que os materiais com valores $\geq 0,50$ devem ser removidos da análise estatística devido à alteração da proporção, e, portanto, com relação ao PH nenhum material foi removido da classificação por apresentar valores acima de 40 Kg/hl. Avaliando a classificação dos dados, verificou-se que as linhagens a UFRGS 216268-4 de Londrina e Santa Tereza do Oeste, UFRGS 216269-3 de Santa Tereza do Oeste, UFRGS 216292-5 de Londrina, UFRGS

216292-2 de Santa Tereza do Oeste e Eldorado do Sul, UFRGS 226036-1-, UFRGS 236127-7, UFRGS 236128-3, UFRGS 236230-1, UFRGS 236254-2 de Eldorado do Sul e UFRGS 236127-1 de Guarapuava foram eliminadas por apresentar alta relação entre o percentual de cariopse e casca. Dentre as cultivares FAEMCARLASUL, URS Taura, URS Altaneira, URS Olada, URS Pujante, URS Repoente, URS Poente, URS Extrema da região de Londrina, a IPR Afrodite da região de Londrina, Guarapuava e Eldorado do Sul foram eliminadas pela classificação, indicando que a região de Londrina foi fortemente impactada pelas condições climáticas e que a cultivar IPR Afrodite apresentou relação extremamente alta sugerindo a remoção da cultivar como testemunha devido a suscetibilidade da cultivar as regiões.

Além da classificação, foi excluído da análise estatística a cultivar IPR Andrômeda da região de Londrina e Guarapuava devido ao valor de grãos não descascados, apresentarem valores de 43,05% e 50,08%, respectivamente, sugerindo que está cultivar nas regiões do Paraná foram mais resistentes ao descascamento. A cultivar UPFA Fuerza da região de Londrina não foi analisada, pois esta cultivar não germinou enfatizando o ano atípico da região.

Analisando os dados verificou-se que a umidade dos materiais analisados variou de 6,97 a 12,55% (Tabela 1). O teor de lipídios variou de 3,25 a 9,08% e o teor de cinzas variou de 1,35 a 3,06%, sendo observado uma correlação negativa ($r=-0,291$) entre estas variáveis. Avaliando o percentual de cariopse e de casca verificou-se que os valores variaram de 43,64 a 84,24% e 15,75 a 56,36%, respectivamente. A relação casca e cariopse apresentou correlação negativa com o percentual de grão quebrado ($r=-0,240$) e PMG ($r=-0,371$), destacando que o maior peso de grão impactou na obtenção de maior percentual de cariopse. Avaliando os parâmetros de dureza do grão verificou-se que quanto maior o percentual passante nas peneiras de 850 μm e 250 μm , maior a fragilidade do grão impactando no processo industrial de descascamento e moagem. Avaliando o impacto de percentual passante na menor peneira (fundo) verificou-se que o mesmo teve impacto em relação ao conteúdo de minerais, sugerindo que o maior acúmulo de minerais impactou na maior fragilidade do grão ($r=+0,257$).

A ACP possibilita analisar a influência simultânea dos parâmetros de qualidade na discriminação dos genótipos de aveia e verificar quais componentes ou conjunto de componentes poderiam ser indicadores de qualidade superior. A ACP (Figura 1) e AAH (Figura 2) foram empregados para avaliar simultaneamente os parâmetros físico-químicos. A primeira componente (F1) apontou para 23,43% da variabilidade existente entre os genótipos e foi positivamente correlacionado com a relação cariopse e casca ($r=0,392$), lipídios ($r=0,349$) e cinzas ($r=0,275$). A componente F2 (19,87% de variabilidade) foi correlacionada positivamente pelo parâmetro PMG ($r=0,495$). Os resultados mostram que os genótipos foram segregados em relação as características do grão e em relação a composição físico-química, destacando a relação de cariopse e casca com o peso do grão. Os parâmetros de dureza do grão não apresentaram correlação significativa, indicando que as características dos grãos tiveram maior impacto que em relação a composição físico-química.

Na AAH, as cultivares foram classificadas e agrupadas com base nas dissimilaridades das suas características. No dendograma obtido (Figura 3), os parâmetros foram considerados simultaneamente obtendo-se três grupos distintos (G1, G2 e G3).

No grupo G1 foram agrupados os seguintes genótipos de Eldorado do Sul: FAEMCARLASUL, UPFA Fuerza, URS Monarca, URS Altanera, URS Realeza, URS Pujante, UFRGS 216268-4, UFRGS 216269-3, UFRGS 216269-5, UFRGS 226052-2, UFRGS 236013-1, UFRGS 236127-1, UFRGS 236127-2, UFRGS 236127-4, UFRGS 236127-6, UFRGS 236223-1, UFRGS 236223-3, UFRGS 236232-2, UFRGS 236240-2 e UFRGS 236245-1, UFRGS 226052-2 de Guarapuava e Eldorado do Sul e UFRGS 216268-2 de Santa Tereza do Oeste e Eldorado do Sul.

Já no grupo G2 foram agrupados os genótipos de Eldorado do Sul, IPR Andrômeda, URS Altiva, URS Taura, URS Olada, URS Poente e URS Extrema. Da região de Guarapuava

agruparam os genótipos FAEMCARLASUL, URS Altiva, URS Altanera, URS Pujante, URS Poente, URS Extrema, UFRGS 236223-1, UFRGS 236230-1, UFRGS 236232-2, UFRGS 236240-2 e UFRGS 236245-1. Da região de Londrina os genótipos URS Altiva, UFRGS 216268-2, UFRGS 216269-3 e UFRGS 216325-2 e da região de Santa Tereza do Oeste a linhagem UFRGS 216269-5.

No grupo G3 foram agrupados os genótipos de Eldorado do sul URS Repoente, UFRGS 216325-2 e UFRGS 236025-1, da região de Guarapuava UPFA Fuerza, URS Taura, URS Monarca, URS Olada, URS Realeza, UFRGS 216268-2, UFRGS 216268-4, UFRGS 216269-3, UFRGS 216269-5, UFRGS 216292-2, UFRGS 216325-2, UFRGS 226036-1, UFRGS 236013-1, UFRGS 236025-1, UFRGS 236127-2, UFRGS 236127-4, UFRGS 236127-6, UFRGS 236127-7, UFRGS 236128-3, UFRGS 236223-3 e UFRGS 236254-2 e da região de Londrina URS Monarca, URS Realeza e UFRGS 216292-2 e a linhagem UFRGS 216325-2 de Santa Tereza do Oeste.

De forma geral a região de cultivo teve maior impacto do que as características genéticas do material resultando em variabilidade na resposta em às características físicas da cultura que propiciou alteração do PH, PMG e na relação cariopse e casca, impactando no comportamento do descascamento e dureza do grão. HOWARTH et al., (2021) descreveram que a interação entre o genótipo e o ambiente afeta substancialmente a qualidade física e a composição do grão. Condições climáticas específicas durante o desenvolvimento do grão, como o aumento de precipitações pluviométricas, estão associadas a menores PH e menor rendimento, mas, por outro lado, influenciam positivamente a facilidade de descasque e a formação de grãos mais curtos e arredondados. Além disso, o manejo da cultura, englobando a população de plantas e a disponibilidade de água e nutrientes, afeta fortemente o desenvolvimento, a morfologia da planta e a competição, impactando o enchimento e rendimento do grão (Ferreira; Aquila, 2005). Além disso, a proporção de cariopse possui uma forte correlação positiva com o peso do hectolitro, que sofre impacto direto do tamanho do grão, da sua uniformidade e do quão justa a casca envolve a cariopse (HUTCHINSON, 1953).

O G1 teve a participação da maioria das cultivares da região de Eldorado do Sul e apresentou maior relação casca e cariopse, menor teor de grãos quebrados, menor dureza, menor peso mil grãos, maior PH, menor teor de lipídio e maior teor de cinzas.

O G2 agrupou as linhagens da região de Guarapuava, Londrina e Santa Tereza do Oeste, indicando influência da região e condições do clima em relação a composição físico-química do grão, este grupo teve menor PH, maior teor de lipídios e maior teor de cinzas. Dentre este grupo, destacam-se as cultivares URS Altiva, URS Extrema e URS Poente de Eldorado do Sul e Guarapuava que apresentaram características similares indicando que a origem genética do material apresentou influência maior do que o cultivo.

Já o G3 agrupou as linhagens da região de Guarapuava e as cultivares URS Monarca e URS Realeza da região de Guarapuava e Londrina, indicando que as características genéticas podem influenciaram mais que o ambiente, neste grupo tiveram menor relação casca e cariopse, maior proporção de grãos quebrados e maior peso de mil grãos e PH.

Os resultados mostram a importância da avaliação conjunta das características físico-químicas e mecânicas do grão, devido ao grande impacto desses parâmetros na avaliação. Entre os materiais classificados, verificou-se que os genótipos agrupados em G1 e G2 apresentaram as melhores características industriais, enquanto o grupo G3 apresentou maior fragilidade do grão.

Os dados mostram que, para melhor seleção e classificação dos materiais, foram utilizados dados da literatura e também parâmetros empregados na indústria de classificação. Dessa forma, constatou-se que, para a adequada classificação dos materiais, é necessário segregar os materiais com base nesses critérios.

Conclusões

As características físicas e físico-químicas dos grãos variaram entre genótipos e regiões de cultivo, sendo o ambiente mais influente do que os fatores genéticos. O estudo evidenciou a importância da classificação dos genótipos de aveia em relação ao $PH \geq 40$ kg/hl e à proporção de cariópse e casca $\leq 0,50$, devido ao impacto desses parâmetros no processo industrial. Assim, a escolha de materiais mais estáveis e adaptados às condições de cultivo é essencial para garantir melhor rendimento e qualidade tecnológica da aveia. Os genótipos agrupados em G1 e G2 apresentaram as melhores características industriais.

Referências

ADDINSOFT. XLSTAT: Software for Statistical Analysis. Versão 2010.19.01, 2010, Paris, 1 CD-ROM

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16Ed. Arlington, 1995. v. 2, 474p.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999.

DOEHLERT, D. C.; MCMULLEN, M. S. Genotypic and environmental effects on oat milling characteristics and groat hardness. **Cereal Chemistry**, v. 77, p. 148-154, 2000.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: Cereais de estação fria (aveia), uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, p. 175-204, 2005.

FULCHER, R. G. **Morphological and chemical organization of the oat kernel**. In: WEBSTER, F. H. (Ed.). *Oats: Chemistry and Technology*. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p. 47-74.

HOWARTH, C. J.; MARTINEZ-MARTIN, P. M. J.; COWAN, A. A.; GRIFFITHS, I. M.; SANDERSON, R.; LISTER, S. J.; LANGDON, T.; CLARKE, S.; FRADGLEY, N.; MARSHALL, A. H. Genotype and Environment Affect the Grain Quality and Yield of Winter Oats (*Avena sativa* L.). **Foods**, v. 10, n. 10, p. 2356, 2021.

HUTCHINSON, J. B. The quality of cereals and their industrial uses. Factors affecting the suitability of oats for processing. **Chemistry and Industry**, p. 578, 1953.

MARSHALL, H. G.; SORRELLS, M. E. **Oat science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. 846 p.

PETERSON, D. M.; WOOD, D. F. Composition and structure of high-oil oat. **Journal of Cereal Science**, v. 26, p. 121-128, 1997.

WEBSTER, F. H. Oats. In: HENRY, R. J.; KETTLEWELL, P. S. (Eds.). **Cereal Grain Quality**. London: Chapman and Hall, 1996. p. 179-203.

YOUNGS, V. L. Protein distribution in the oat kernel. **Cereal Chemistry**, v. 49, p. 407-411, 1972.

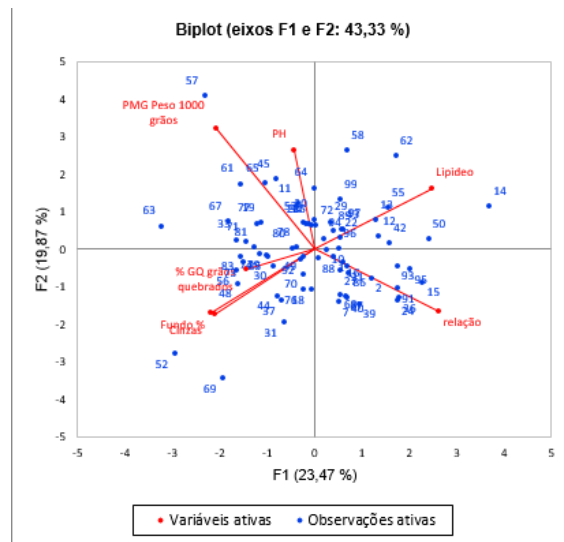


Figura 1. Biplot da ACP considerando os parâmetros físico-químicos dos genótipos de branca cultivados na região de Eldorado do Sul, Guarapuava e Londrina 2025.

1 FAEMCARLASUL-ED, 2 FAEMCARLASUL-GR, 7 IPR Andrômeda-ED, 10 UPFA Fuerza-ED, 11UPFA Fuerza-GR, 12 URS Altiva-ED, 13 URS Altiva-GR, 14 URS Altiva-LD, 15 URS Taura-ED, 16 URS Taura-GR, 18 URS Monarca-ED, 19 URS Monarca-GR, 20 URS Monarca-LD, 21 URS Altanera-ED, 22 URS Altanera-GR, 24 URS Olada-ED, 25 URS Olada-GR, 27 URS Realeza-ED, 28 URS Realeza-GR, 29 URS Realeza-LD, 30 URS Pujante-ED, 31 URS Pujante-GR, 33 URS Repoente-ED, 34 URS Repoente-GR, 36 URS Poente-ED, 37 URS Poente-GR, 39 URS Extrema-ED, 40 URS Extrema-GR, 42 UFRGS 216268-2 LD, 43 UFRGS 216268-2 ST, 44 UFRGS 216268-2 ED, 45 UFRGS 216268-2 GR, 48 UFRGS 216268-4 ED, 49 UFRGS 216268-4 GR, 50 UFRGS 216269-3 LD, 52 UFRGS 216269-3 ED, 53 UFRGS 216269-3 GR, 55 UFRGS 216269-5 ST, 56 UFRGS 216269-5 ED, 57 UFRGS 216269-5 GR, 58 UFRGS 216292-2 LD, 61 UFRGS 216292-2 GR, 62 UFRGS 216325-2 LD, 63 UFRGS 216325-2 ST, 64 UFRGS 216325-2 ED, 65 UFRGS 216325-2 GR, 67 UFRGS 226036-1-GR, 68 UFRGS 226052-2-ED, 69 UFRGS 226052-2-GR, 70 UFRGS 236013-1-ED, 71 UFRGS 236013-1-GR, 72 UFRGS 236025-1-ED, 73 UFRGS 236025-1-GR, 74 UFRGS 236127-1-ED, 76 UFRGS 236127-2-ED, 77 UFRGS 236127-2-GR, 78 UFRGS 236127-4-ED, 79 UFRGS 236127-4-GR, 80 UFRGS 236127-6-ED, 81 UFRGS 236127-6-GR, 83 UFRGS 236127-7-GR, 85 UFRGS 236128-3-GR, 86 UFRGS 236223-1-ED, 87 UFRGS 236223-1-GR, 88 UFRGS 236223-3-ED, 89 UFRGS 236223-3-GR, 91 UFRGS 236230-1-GR, 92 UFRGS 236232-2ED, 93 UFRGS 236232-2GR, 94 UFRGS 236240-2-ED, 95 UFRGS 236240-2-GR, 96 UFRGS 236245-1-ED, 97 UFRGS 236245-1-GR, 99 UFRGS 236254-2-GR

GR: Guarapuava; LD: Londrina; ED: Eldorado do Sul; ST: Santa Tereza do Oeste.

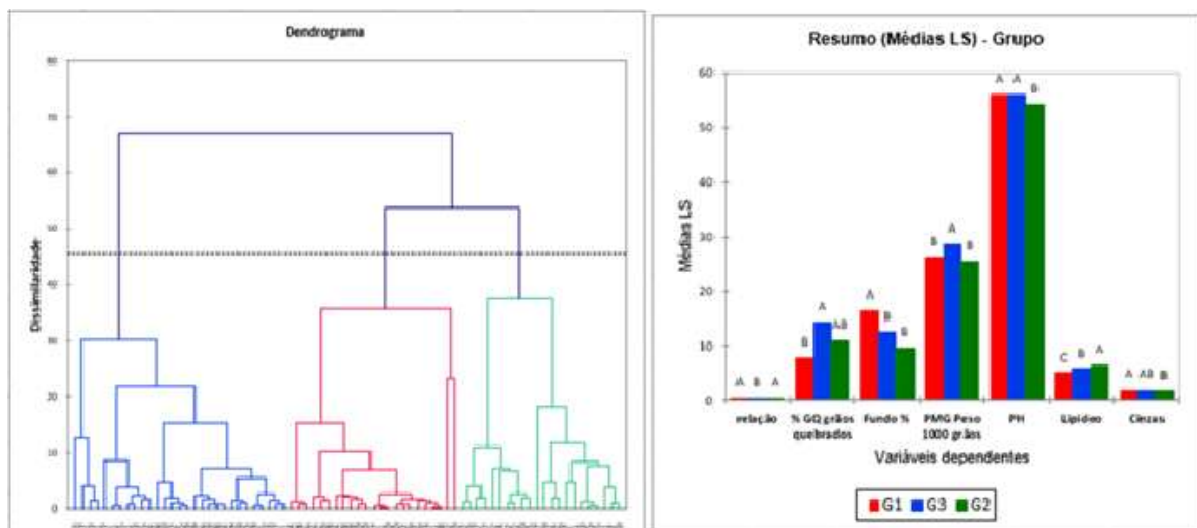


Figura 2. Dendrograma considerando os parâmetros físico-químicos dos genótipos de branca cultivados na região de Eldorado do Sul, Guarapuava e Londrina 2025. G1 (azul), G2 (verde) e G3 (vermelho). Análise de variância dos grupos G1 (azul), G2 (verde) e G3 (vermelho) formado na análise de agrupamento hierárquico das cultivares de aveia com relação aos parâmetros físico-químicos.