

Desempenho de cultivares de milho em sistema de transição para cultivo orgânico: potencial silageiro

Guilherme Rodrigues Martins⁽²⁾, Carine Gregório Machado Silva⁽²⁾, Maria Lúcia Ferreira Simeone⁽³⁾, Walter José Rodrigues Matrangolo⁽³⁾ e Alexandre Martins Abdão dos Passos⁽³⁾

⁽¹⁾Trabalho financiado pelo CNPq e Embrapa. ⁽²⁾Estudante do Curso de Agronomia da Universidade Federal de São João del-Rei, Bolsista PIBIC do Convênio CNPq/Embrapa. ⁽³⁾Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo

Resumo - A produção sustentável de milho tem se concentrado em sistemas agrícolas que reduzem insumos químicos sintéticos, promovem a biodiversidade do solo, conservam recursos naturais e diminuem o impacto ambiental. O trabalho visa contribuir para o posicionamento de cultivares mais apropriadas e eficazes em sistemas de transição e orgânicos, identificando atributos agronômicos que aprimorem a produção sustentável de milho com potencial para silagem. Cultivares, variedades e híbridos foram avaliados quanto ao potencial forrageiro em um delineamento de blocos casualizados. Foram avaliados no experimento os seguintes atributos agronômicos: rendimento da massa da matéria verde por hectare, rendimento da massa da matéria seca por hectare, rendimento de espigas com palha por hectare, rendimento de espigas sem palha por hectare, população final de plantas, índice de espigas, dias para pendoamento, dias para florescimento feminino, altura de plantas, altura de inserção de espigas, matéria seca a 65 °C, matéria seca a 105 °C, proteína, lignina, cinzas, fibra bruta, hemicelulose, celulose e conteúdo celular. Como resultado, verificou-se que a cultivar BRS 1060 apresentou um rendimento de massa da matéria verde de 38.699,96 kg ha⁻¹, superando a média das outras cultivares, que foi de 21.889,94 kg ha⁻¹. A cultivar BRS 3046 se destacou com o maior teor de proteína entre as avaliadas, atingindo 7,12%, superando a média geral de 6,4%. A correta escolha de cultivares de milho em sistemas de produção orgânico, em seu estabelecimento, é primordial para o alcance da sustentabilidade produtiva.

Termos para indexação: sistema alternativo de produção, agroecologia, agricultura regenerativa, agricultura urbana, silagem.

Performance of maize cultivars in a transition system to organic cultivation: silage potential

Abstract - Sustainable maize production has focused on agricultural systems that reduce synthetic chemical inputs, promote soil biodiversity, conserve natural resources and reduce environmental impact. The work aims to contribute to the positioning of more appropriate and effective cultivars in transitional and organic systems, identifying agronomic attributes that improve the sustainable production of maize with potential for silage. Cultivars, varieties and hybrids were evaluated for forage potential in a randomized block design. The following agronomic attributes were evaluated in the experiment: yield of green matter mass per hectare, yield of dry matter mass per hectare, yield of ears with straw per hectare, yield of ears without straw per hectare, final plant population, index of ears, days to bolting, days to female flowering, plant height, ear insertion height, dry matter at

65 °C, dry matter at 105 °C, protein, lignin, ashes, crude fiber, hemicellulose, cellulose and cellular content. As a result, it was found that the cultivar BRS 1060 presented a green matter mass yield of 38,699.96 kg ha⁻¹, surpassing the average of the other cultivars, which was 21,889.94 kg ha⁻¹. The cultivar BRS 3046 stood out with the highest protein content among those evaluated, reaching 7.12%, surpassing the general average of 6.4%. The correct choice of maize cultivars in organic production systems is essential for achieving productive sustainability.

Index terms: alternative production system, agroecology, regenerative agriculture, urban agriculture, silage.

Introdução

A produção de milho desempenha um papel crucial na segurança alimentar global, sendo uma das culturas mais extensamente cultivadas em todo o mundo (FAO, 2020). Nas últimas décadas, tem sido dada maior ênfase ao desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis e ecológicos, como agroecologia, agricultura regenerativa e sistemas orgânicos, nos quais o uso de insumos químicos sintéticos é racionalizado ou abolido (Altieri, 1999; Lynch, 2015). Essas práticas favorecem o manejo racional, que impulsiona a biodiversidade do solo, conserva os recursos naturais e reduz o impacto ambiental (Tilman et al., 2002; Skinner et al., 2019).

O estudo do desempenho de diferentes cultivares de milho em sistemas de produção mais sustentáveis é vital para garantir a eficiência na produção agrícola, ao mesmo tempo que minimiza os danos ao ambiente (Gliessman, 2007). A utilização de cultivares adaptadas, com atributos e características apropriadas para o ambiente de produção, é premissa agrônoma visando à obtenção da sustentabilidade ampla (ambiental, econômica e social) da atividade agrícola (Horrigan et al., 2002). Por meio da escolha acertada de cultivares com alto potencial produtivo, adaptadas às condições edafoclimáticas locais sob técnicas de agricultura orgânica, com resiliência genética convencional para pragas e doenças, o produtor tem, sem utilização de mais insumos externos, a oportunidade de promover incrementos no rendimento e na eficiência do uso da terra de maneira simples e sem custos adicionais (Hossard et al., 2016; Lori et al., 2017).

A silagem de milho é um dos principais alimentos utilizados na pecuária, seja na produção de leite ou de carne. É um produto da conservação via fermentação anaeróbica da planta inteira do milho, sendo um alimento bastante importante na nutrição de ruminantes, devido seu alto valor nutritivo, principalmente no que se refere ao teor de energia (Karnatam et al., 2023). A silagem de milho orgânico, assim como outros produtos, tem demonstrado potencial para proporcionar maior retorno econômico, financeiro, ambiental e social. Tem-se verificado, no Brasil, que a adoção de práticas orgânicas, dentre elas a escolha de cultivares apropriadas, pode resultar em benefícios econômicos e ambientais, além de melhorar a qualidade do solo e a biodiversidade (Paziani et al., 2009; Ferreira et al., 2022; Crevelari et al., 2023).

O trabalho visa fornecer uma contribuição para o posicionamento de cultivares que são mais apropriadas e eficazes em sistemas de transição e orgânicos, identificando atributos agrônomicos para aprimorar a produção sustentável de milho com potencial silageiro.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, em uma área de sequeiro, nas coordenadas 19° 26' 36.03" S; 44°10' 40.23, 710 metros de altitude, durante a safra 2022/2023 (Figura 1). As cultivares de milho foram avaliadas em um sistema de transição para cultivo orgânico de produção.



Figura 1. Área de condução do ensaio. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Os atributos químicos da camada de 0–20 cm do solo foram determinados e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química de solo (0–20 cm de profundidade) da área experimental.

pH	P	K ⁺	S	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	M.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	SB	T	t	V	m	
H ₂ O	CaCl ₂	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻¹	(%)								
6.7	5.7	31.7	170.0	4	0.43	5.35	0.83	0.00	2.10	2.86	0.20	2.0	86	52.5	14.4	6.6	8.7	7	76	0.00

¹ P (Mehlich 1), K (Mehlich 1), Ca²⁺ (KCl - 1 mol L⁻¹), Mg²⁺ (KCl - 1 mol L⁻¹), Al³⁺ (KCl - 1 mol L⁻¹), H+Al (H por SMP) e MO (Na₂Cr₂O₇), MO, matéria Orgânica e V, saturação por bases.

Foram conduzidos dois ensaios, um para avaliação de materiais com aptidão para silagem orgânica e outro para avaliação do potencial de produção de grãos orgânicos cujos dados não serão apresentados neste trabalho. Ambos os ensaios foram conduzidos com variedades e híbridos comerciais da Embrapa (BRS) e cultivares testemunhas comerciais e convencionais (não transgênicos) de empresas privadas. Os genótipos avaliados nos ensaios de aptidão de produção de silagem foram AG 1051 (híbrido semiprecoce), BRS 3046 (híbrido triplo GDU de 947), M 274 (híbrido), BRS 4104 (variedade GDU de 939), BRS 4105 (variedade), BRS 4107 (variedade), BRS

2107 (híbrido top-cross), BRS Gorutuba (variedade super precoce), BRS 1060 (híbrido simples) e BRS Caimbé (variedade precoce GDU de 894).

Previamente à semeadura foi realizado o preparo da área para transição do cultivo orgânico. O solo foi preparado com uma gradagem pesada e duas gradagens niveladoras. Após a gradagem realizou-se a aplicação de gesso agrícola, 1230 kg por ha, e FTE, 56 kg por hectare. Aplicou a dose 8,153 kg/ha do esterco bovino e 400 kg por ha de pó de rocha fósforo.

As sementes foram previamente tratadas com BiomaPhos® (150 ml/60.000 sementes), *Azospirillum brasilense* (10 ml/kg de sementes) e Bioma Fix® (1.500 ml/100g de sementes).

A semeadura ocorreu no dia 22/11/2022, utilizando semeadora de parcelas experimentais. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (Montgomery, 2017; Smith et al., 2019) com quatro repetições, sendo cada parcela constituída de quatro linhas de 4,2 m de comprimento e espaçamento de 0,7 m entre linhas, semeando-se quatro sementes por metro. Como área útil, consideraram-se as duas linhas centrais.

Na Figura 2 encontram-se os dados de precipitação, temperatura média e evapotranspiração potencial do período experimental.

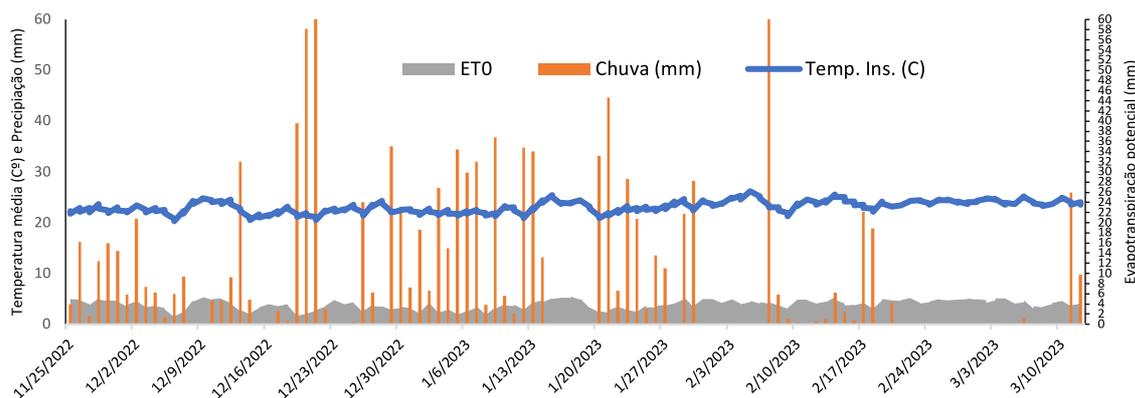


Figura 2. Precipitação pluviométrica (barras), temperatura diária média (linha) e evapotranspiração potencial referencial diária (área) no período de novembro de 2022 a abril de 2023, em Sete Lagoas, MG. Fonte: Inmet (2023).

A área experimental foi sistematicamente monitorada por meio de visitas rotineiras para a coleta de dados e verificação da necessidade de manejo de insetos e plantas daninhas. Na medida em que foram necessários, adotaram-se os tratamentos culturais e fitossanitários recomendados para a cultura como limpeza das entrelinhas e corredores por meio da capina manual.

Foi realizada a instalação de uma armadilha “iscada” com feromônio sexual sintético, para levantamento de adultos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e de armadilhas adesivas amarelas (*Yellow Trap*) para o monitoramento da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), responsável pela transmissão de doenças como os enfezamentos (pálido e vermelho) e a risca do milho. A partir do monitoramento foi realizada a liberação de inimigos naturais (*Trichogramma* spp. para controle biológico da lagarta-do-cartucho. Em 1º/12/2023 foi realizada a pulverização do BT e o *Beauveria bassiana* BV13 (1,2 x 10⁹ UFC/mL).

Realizou-se o corte das plantas inteiras a 15 cm de altura, nas duas linhas centrais, quando se encontravam próximo ao estádio R5 (entre 100 dias e 110 dias com “metade a três quartos da linha do leite” aparente) para análise dos rendimentos de biomassa e qualidade bromatológica. As plantas foram picadas, homogeneizadas e separadas uma amostra de 300 gramas para enviar ao laboratório para análise bromatológica por meio do NIR.

Foram avaliados no experimento os atributos agrônômicos: rendimento da massa da matéria verde por hectare (RMMVH), rendimento da massa da matéria seca por hectare (RMMSH), rendimento de espigas com palha por hectare (RECPH), rendimento de espigas sem palha por hectare (RESPH), população final de plantas (PFP), índice de espigas (IE), dias para pendoamento (DP), dias para florescimento feminino (FF), altura de plantas (AP), altura de inserção de espigas (AIE), matéria seca a 65°C (%) (MS65), matéria seca a 105 °C (MS105), proteína (%) (PROT%), lignina% (LIG%), cinzas% (CZ%), fibra bruta% (FB%), hemicelulose% (HEMI%), celulose% (CEL%) e conteúdo celular% (CC%).

A caracterização da composição físico-química das plantas inteiras moídas dos diferentes genótipos de milho foi realizada utilizando modelos de calibração NIR em equipamento da Buchi modelo NIRFlex 500 para os seguintes constituintes: matéria seca a 65 °C (%), matéria seca a 105 °C, proteína (%), lignina (%), cinzas (%), fibra bruta (%). Os teores de hemicelulose (%) foi calculado pela diferença entre FDN e FDA. A celulose (%) pela diferença entre FDA e lignina. O conteúdo celular (CC) (%) foi calculado como $CC = 100 - FDN$.

Os valores dos resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (Fisher, 2016; Wu et al., 2021), e as médias dos tratamentos, quando significativas, comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (Scott; Knott, 1974). Adicionalmente foi realizada uma análise de correlação de Pearson (Taylor, 2017). Com o objetivo de agrupar as cultivares com base em sua similaridade em relação a múltiplas variáveis, foi realizada uma análise de agrupamento utilizando o método K Means (MacQueen, 1967; Jain, 2010). O número ótimo de clusters foi determinado usando o método do cotovelo e o método da silhueta (Rousseeuw, 1987).

Resultados e discussão

O comportamento das cultivares de milho testadas no sistema orgânico foi diferenciado entre elas para as variáveis analisadas, exceto para o índice de espigas, altura de plantas, massa da matéria seca a 65 °C, e teores de lignina, fibra bruta, hemicelulose e conteúdo celular (Tabela 2). Os rendimentos de biomassa na avaliação de silagem emergem como métricas primordiais para a avaliação da produtividade de cada cultivar. Um rendimento mais elevado nessas métricas é desejável. Todavia, enfatiza-se a necessidade de não se ater unicamente ao rendimento, mas de também considerar a qualidade bromatológica das plantas.

Tabela 2. Médias para rendimento da massa da matéria verde por hectare (RMMVH), rendimento da massa da matéria seca por hectare (RMMSH), rendimento de espigas com palha por hectare (RECPH), rendimento de espigas sem palha por hectare (RESPH), população final de plantas (PFP), índice de espigas (IE), dias para pendoamento (DP), dias para florescimento feminino (FF), altura de plantas (AP), altura de inserção de espigas (AIE), matéria seca a 65 °C (%) (MS65), proteína (%) (PROT%), lignina% (LIG%), cinzas% (CZ%), fibra bruta% (FB%), hemicelulose% (HEMI%), celulose% (CEL%) e conteúdo celular% (CC%).

Cultivares	RMMVH	RMMSH	RECPH	RESPH	PFP	IE	DP	FF	AP
	(kg ha ⁻¹)				(pts ha ⁻¹)		(dias)		(cm)
BRS 1060	38699.7 a	12340.8 a	8645.1 a	7549.1 a	61507.9 a	1.06 a	65.8 a	67.5 b	187.5 a
BRS 2107	28386.3 b	9340.8 b	6968.8 a	6247.8 a	61507.9 a	1 a	64.5 a	67 b	197.5 a
BRS 3046	27642 b	8519.3 b	6683 a	5705.4 a	53174.6 b	0.88 a	66 a	68.8 b	181.3 a
AG1051	25934.5 b	7691.6 c	5265.6 b	4654 b	59523.8 a	0.91 a	66 a	71 a	196.3 a
BRS Caimbe	25486.9 b	7654.5 c	4703.1 b	4169.6 b	55158.7 b	0.85 a	65.3 a	68 b	211.3 a
M274	21033.1 c	6788.6 c	4824.6 b	4100.4 b	59920.6 a	0.89 a	66 a	67.8 b	180 a
BRS 4104	20047.3 c	6250.2 c	3917.4 b	3167.4 b	58730.2 a	0.82 a	65 a	71 a	163.8 a
BRS 4105	17529.8 c	5587.4 c	3767.9 b	3261.2 b	53968.3 b	0.92 a	66.5 a	69.8 a	181.3 a
BRS 4107	15614.7 c	4885.4 c	4692 b	4008.9 b	46825.4 c	0.82 a	66 a	70.5 a	176.3 a
BRS Gorutuba	15334.9 c	4536.2 c	2649.6 b	2272.3 b	57936.5 a	0.93 a	56 b	58 c	158.8 a
Média	23570.9	7359.5	5211.7	4513.6	56825.4	0.91	64.7	67.9	183.4

Cultivares	AIE	MS65	PROT	LIG	CZ	FB	HEMI	CEL	CC
	(cm)	(%)							
BRS 1060	91.3 b	31.8 a	6.1 b	3.3 a	9.6 a	17.8 a	34.9 a	27.1 b	34.7 a
BRS 2107	102.5 a	32.9 a	6.3 b	3.3 a	10.1 a	19.3 a	35.2 a	28.2 a	33.3 a
BRS 3046	90 b	30.1 a	7.1 a	3.4 a	9.7 a	17.9 a	36.7 a	26.7 b	33.1 a
AG1051	112.5 a	29.6 a	6 b	3.6 a	10 a	19 a	35.9 a	28.3 a	32.2 a
BRS Caimbé	115 a	30.8 a	5.9 b	3.3 a	10 a	20 a	34.7 a	28.5 a	33.5 a
M274	78.8 b	32.3 a	6.1 b	3.6 a	9.6 a	19.2 a	36.6 a	27.7 a	32.2 a
BRS 4104	78.8 b	31.2 a	6.2 b	3.7 a	9.9 a	19.2 a	35.1 a	28.4 a	32.7 a
BRS 4105	87.5 b	31.9 a	6.8 a	3.2 a	9.6 a	17.9 a	36 a	26.4 b	34.4 a
BRS 4107	87.5 b	31.3 a	7.1 a	3.5 a	10.4 a	19.3 a	36 a	28.1 a	32.4 a
BRS Gorutuba	68.8 b	29.7 a	6.5 b	3.5 a	9.6 a	19.4 a	34.4 a	27.5 b	34.6 a
Média	91.25	31.16	6.4	3.4	9.8	18.9	35.6	27.7	33.3

As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Verifica-se superioridade da BRS 1060, um híbrido simples, sobre o desempenho agrônômico de biomassa. Esta cultivar apresenta o maior RMMVH e de RMMSH entre as cultivares avaliadas. A BRS 1060 apresenta um rendimento da massa da matéria verde de 38.699,96 kg/ha, o que é notavelmente maior que a média das outras cultivares, que foi de 21.889,94 kg/ha. Além disso, quando comparado à segunda melhor cultivar, que apresentou um rendimento de 28.386,31 kg/ha, a BRS 1060 ainda supera por uma margem de 10.313,65 kg/ha. A superioridade do híbrido foi também refletida no rendimento da massa da matéria seca, em que a BRS 1060 supera a média das demais cultivares em 5.534,77 kg/ha e suplanta a segunda melhor cultivar em 2.999,94 kg/ha. A BRS 1060 apresenta um rendimento de 12.340,77 kg/ha, o que é significativamente superior à média das demais cultivares, que foi de 6.806,00 kg/ha. Comparando com a segunda melhor

cultivar, que tem um rendimento de 9.340,83 kg/ha, a BRS 1060 supera por 2.999,94 kg/ha. Estes resultados demonstram que a cultivar BRS1060 tem um desempenho superior em termos de rendimento da silagem em comparação com a média das demais cultivares e em comparação com a segunda melhor cultivar.

Observa-se ainda que o rendimento de espigas, tanto com palha quanto sem palha, também é o mais alto entre as cultivares. O rendimento de espigas ganha relevância na análise, destacando a importância das espigas como componentes cruciais do milho na produção de silagem. Essa medida não apenas reflete a produtividade, mas também a qualidade da forragem e desempenho animal alimentado por esse conservado. Espigas saudáveis e produtivas desempenham um papel desejável em todo sistema de produção de milho.

A cultivar Gorutuba, caracterizada por seu ciclo precoce, demonstrou uma maturação mais acelerada, atingindo os estágios de pendramento e florescimento, em média, 9,8 e 9,5 dias antes da BRS 1060, respectivamente. Em contraste, cultivares de ciclo mais longo, como a BRS 1060, beneficiam-se de um período vegetativo estendido. Este tempo adicional antes do florescimento potencializa a fotoassimilação, culminando em uma maior produção de biomassa. Este acúmulo energético, proveniente da fotossíntese, pode ser canalizado para a produção de biomassa, o que, sob condições ideais, pode resultar em rendimentos superiores.

Por outro lado, uma rápida progressão para o pendramento e o florescimento pode ser vantajosa em regiões onde a estação de crescimento é curta, permitindo que as plantas completem seu ciclo de vida antes de condições adversas, como estresse hídrico ou baixas temperaturas. Além disso, em sistemas agrícolas onde a sucessão de culturas é praticada, uma maturação mais rápida pode permitir uma transição mais suave entre culturas sucessivas viabilizando a segunda safra ou diminuindo o risco dessa.

A cultivar BRS 1060 se destaca em termos de quantidade de silagem, superando a média das demais cultivares e a segunda melhor cultivar em rendimento. No entanto, em termos de qualidade da silagem, a BRS 1060 não é a líder em todas as métricas. Em particular, seu conteúdo de proteína é inferior à média e à segunda cultivar com maior teor de proteína. A BRS 1060 contém 6,07% de proteína, o que é ligeiramente inferior à média das outras cultivares, que está em 6,47%. Mais notavelmente, a segunda cultivar com maior teor de proteína tem 7,12%, mostrando que a BRS 1060 fica atrás em termos de teor proteico. Isso destaca um trade-off comum na agricultura entre rendimento e qualidade. Enquanto a BRS 1060 pode produzir grandes quantidades de silagem, os produtores podem precisar considerar outras cultivares se a qualidade da silagem for uma prioridade, especialmente em termos de conteúdo de proteína.

Verificaram-se, na média, altos valores de cinza na biomassa avaliada (9,8%) (Tabelas...2023).

A partir dos dados apresentados e das correlações observadas entre as variáveis de rendimento de massa, é possível inferir que essas métricas frequentemente estão interligadas, algo que é esperado devido à natureza conjunta de seus determinantes. Verificou-se a correlação positiva entre o rendimento de espigas e os rendimentos de massa.

Matriz de Correlação com Valores e Significância

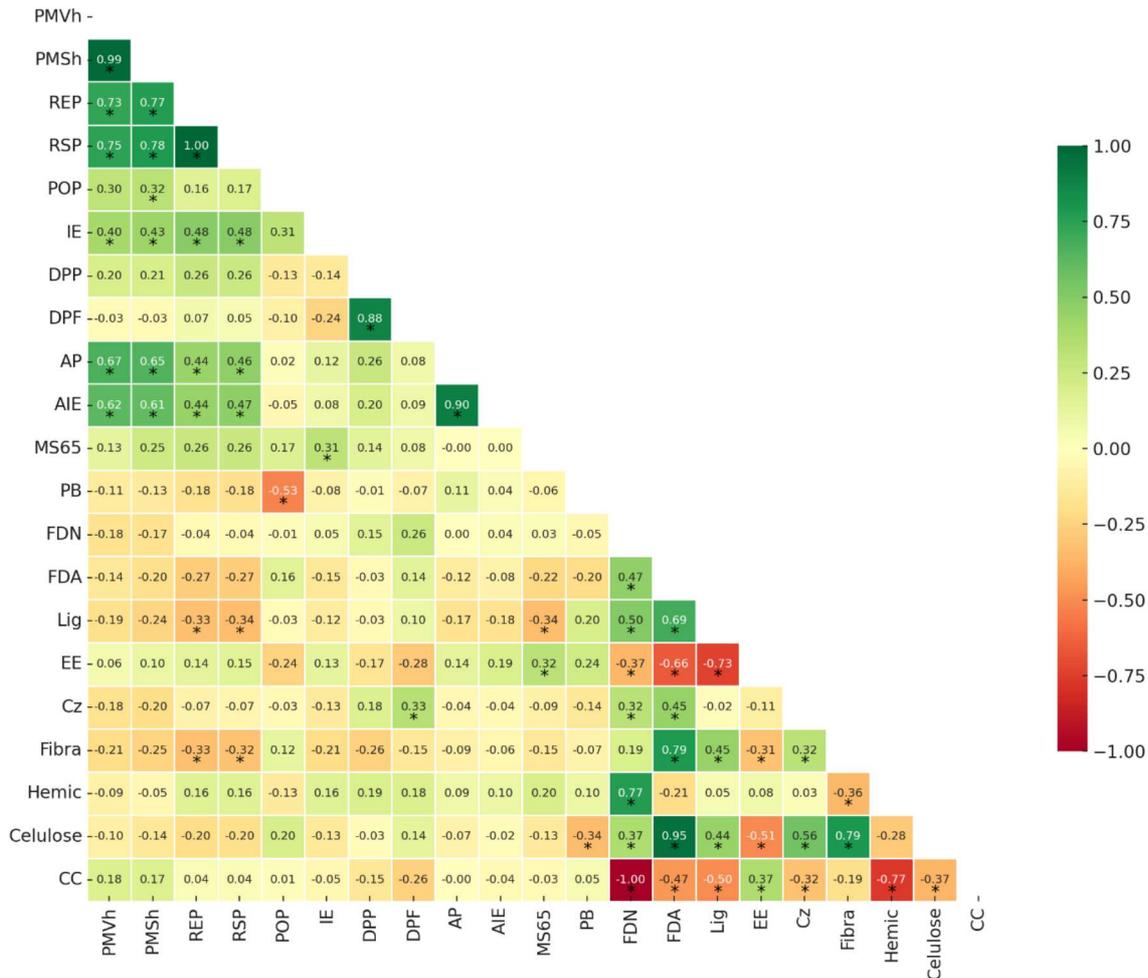


Figura 3. Matriz de correlação simples para as variáveis respostas analisadas.

Dentre as variáveis analisadas, identificamos um total de 58 correlações significativas. Desse total, 39 correlações são positivas e 19 são negativas. As correlações positivas mais pronunciadas foram observadas entre Rendimento de Espigas Sem Palha (RSP) e Rendimento de Espigas Com Palha (REP) ($r=0.9964$), Rendimento da Massa da Matéria Seca por Hectare (PMSH) e Rendimento da Massa da Matéria Verde por Hectare (PMVh) ($r=0.9884$). Estas correlações indicam, por exemplo, que um aumento no Rendimento de Espigas Sem Palha (RSP) está fortemente associado a um aumento no Rendimento de Espigas Com Palha (REP). Em contrapartida, as correlações negativas mais fortes foram identificadas entre Conteúdo Celular (CC) e Hemicelulose (HEMI) ($r=-0,7658$), e Extrato Etéreo (EE) e Lignina (LIG) ($r=-0,7348$). Verifica-se correlações positivas, mas não muito forte para a altura das plantas (AP) e as medidas de rendimento de biomassa dos materiais (Figura 3). A Altura das Plantas (AP) emerge como um atributo multifacetado, impactando tanto a produtividade quanto o manejo agrícola. Plantas mais altas podem gerar maior biomassa, mas também demandam mais recursos e podem ser mais suscetíveis a danos causados por ventos por exemplo e exigir maquinários mais apropriados com barras mais elevadas para pulverizações de bioinsumos, ou aplicações aéreas

Foi verificado por meio do método do cotovelo um número ótimo de três clusters na avaliação dos dados. Foi possível gerar os grupos, compreendendo o cluster 0: com as cultivares AG1051,

BRS 2107, BRS 3046, BRS 4104, Caimbé, M274; o Cluster 1: BRS 4105, BRS 4107, BRS Gorutuba e o Cluster 2: somente com o BRS 1060 (Figura 4).

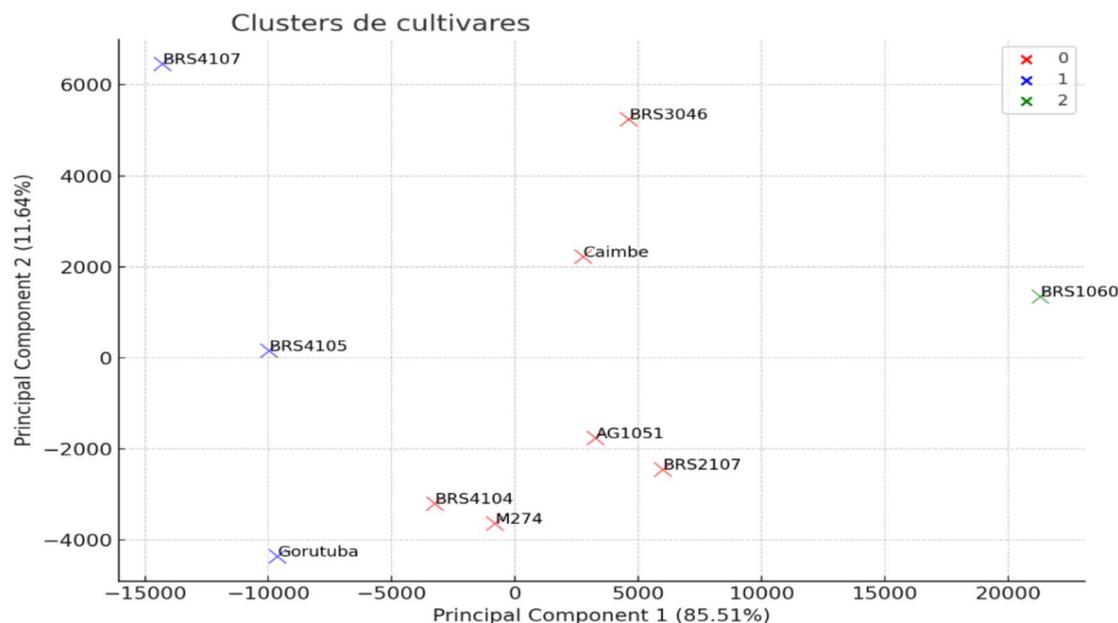


Figura 4. Análise de cluster para cultivares de milho sob sistema orgânico de produção.

O Cluster 0 é composto pelas variedades BRS 4107, BRS 4105 e BRS Gorutuba. Estas variedades, em conjunto, tendem a apresentar um rendimento de massa abaixo da média, conforme indicado pelas variáveis PMVh, PMSH, PMVhc e PMSc. O Cluster 1 é singularmente representado pela BRS1060. Esta cultivar demonstra um perfil de alto rendimento, como evidenciado pelas variáveis relacionadas ao rendimento, todas apresentando desvios positivos. Além do alto rendimento, características como um maior índice de espigas (IE) e uma população final de plantas (POP) reforçam sua produtividade em termos de densidade e número de espigas. No entanto, um teor mais elevado de fibra sugere que, embora produtiva, essa cultivar pode apresentar desafios em termos de digestibilidade. O Cluster 2 compreende as demais cultivares, formando um grupo mais diverso. Essas cultivares exibem uma mistura de desvios em relação à média. O prolongado tempo para pendoamento (DPP) e florescimento feminino (DPF) sugere que essas cultivares podem ser mais adaptadas a regiões ou sistemas de cultivo onde se beneficiam de um período vegetativo mais extenso. O destaque no índice de espigas (IE) aponta para uma boa produtividade em termos de formação de espigas, enquanto o conteúdo celular (CC) mais baixo pode influenciar a qualidade da forragem ou o rendimento global.

Conclusão

A correta escolha de cultivares de milho em sistemas de produção orgânico, em seu estabelecimento, é primordial para o alcance da sustentabilidade produtiva. Assim, mediante os resultados deste trabalho, a cultivar BRS 1060 se destacou apresentando os maiores valores de rendimento de biomassa e de espigas. Contudo, deve-se ressaltar que o híbrido top-cross BRS 2107 e o híbrido triplo BRS 3046 apresentaram valores próximos no rendimento de biomassa e de espigas (um importante fator determinante para obtenção de volumoso em qualidade).

Referências

- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1/3, p. 19-31, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6).
- CREVELARI, J. A.; SOUZA, Y. P.; SANTOS, J. S.; AMBRÓSIO, M.; GONÇALVES, V. M. L.; PEREIRA, M. G. Adaptability and stability of corn hybrids for silage via genotype and genotype × environment interaction biplot. **Agronomy Journal**, v. 115, n. 2, p. 687-697, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.21240>.
- FAO. FAOSTAT **Food and agriculture data**: crops. Rome, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 13 ago. 2023.
- FERREIRA, A. P. A. L.; OLIVEIRA, L. de; TALAMINI, E. Land use returns in organic and conventional farming systems: financial and beyond. **Organic Agriculture**, v. 12, p. 353-371, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13165-022-00392-4>.
- FISHER, R. A. The design of experiments. In: KOTZ, S.; JOHNSON, N. L. (ed.). **Breakthroughs in statistics**. New York: Springer, 2016. p. 66-70.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: the ecology of sustainable food systems. Boca Raton: CRC Press, 2007.
- HORRIGAN, L.; LAWRENCE, R. S.; WALKER, P. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, n. 5, p. 445-456, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1289%2Fehp.02110445>.
- HOSSARD, L.; ARCHER, D. W.; BERTRAND, M.; COLNENNE-DAVID, C.; DEBAEKE, P.; ERNFORS, M.; JEUFFROY, M. H.; MUNIER-JOLAIN, N.; NILSSON, C.; SANFORD, G. R.; SNAPP, S. S.; JENSEN, E. S.; MAKOWSKI, D. A meta-analysis of maize and wheat yields in low-input vs. conventional and organic systems. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 3, p. 1155-1167, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0512>.
- INMET. **Estação Meteorológica de Sete Lagoas**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso: 2 out. 2023.
- JAIN, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. **Pattern Recognition Letters**, v. 31, n. 8, p. 651-666, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>.
- KARNATAM, K. S.; MYTHRI, B.; NISA, W. U.; SHARMA, H.; MEENA, T. K.; RANA, P.; VIKAL, Y.; GOWDA, M.; DHILLON, B. S.; SANDHU, S. Silage maize as a potent candidate for sustainable animal husbandry development-perspectives and strategies for genetic enhancement. **Frontiers in Genetics**, v. 14, 1150132, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1150132>.
- LORI, M.; SYMNACZIK, S.; MÄDER, P.; DE DEYN, G.; GATTINGER, A. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity: a meta-analysis and meta-Regression. **PLoS ONE**, v. 12, n. 7, e0180442, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180442>.
- LYNCH, D. **Sustainable agriculture**: definitions and terms. Beltsville: National Agricultural Library, 2015. (Special Reference Briefs Series, 99-02).
- MACQUEEN, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: BERKELEY SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL STATISTICS AND PROBABILITY, 5., 1967, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: University of California, 1967. p. 281-297.
- MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. New York: John Wiley & Sons, 2017.
- PAZIANI, S. de F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300002>.

ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 20, p. 53-65, 1987. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](http://dx.doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7).

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529204>.

SKINNER, C.; GATTINGER, A.; KRAUSS, M.; KRAUSE, H. M.; MAYER, J.; HEIJDEN, M. G. A. van der; MÄDER, P. The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions. **Science Reports**, v. 9, article 1702, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38207-w>.

SMITH, J. R.; JOHNSON, A.; JONES, D. Modern experimental designs in agricultural research. **Journal of Agricultural Science**, v. 157, n. 8, p. 657-669, 2019.

TABELAS brasileiras de composição de alimentos para ruminantes. Disponível em: <https://www.cqbal.com.br/#/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

TAYLOR, S. J. Introduction to correlation and regression analysis. In: AGRESTI, A. **Statistical methods for the social sciences**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2017. p. 136-169.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, p. 671-677, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature01014>.

WU, J.; CAI, Z.; ZHOU, B. One-way ANOVA based on interval-valued symbolic data. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 154, 107115, 2021.