



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO *DEL-REI*
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA
CAMPUS SETE LAGOAS

ANA FLÁVIA VALGAS COTTA DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA PALHA DE MILHO DE
DIFERENTES HÍBRIDOS PARA POTENCIAL APROVEITAMENTO
ARTESANAL E PRODUÇÃO DE CIGARROS**

Sete Lagoas, MG

2026

ANA FLÁVIA VALGAS COTTA DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA PALHA DE MILHO DE
DIFERENTES HÍBRIDOS PARA POTENCIAL APROVEITAMENTO
ARTESANAL E PRODUÇÃO DE CIGARROS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Iran Dias Borges

Coorientador: Washington Azevedo da Silva

Sete Lagoas, MG

2026

ANA FLÁVIA VALGAS COTTA DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA PALHA DE MILHO DE
DIFERENTES HÍBRIDOS PARA POTENCIAL APROVEITAMENTO
ARTESANAL E PRODUÇÃO DE CIGARROS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Sete Lagoas, XX de julho de 2026.

Banca avaliadora:

Dr. Iran Dias Borges, Orientador — Universidade Federal de São João Del-Rei

Dr. Washington Azevedo da Silva — Universidade Federal de São João Del-Rei

Dra. Elaine Cristina Teixeira — Universidade Federal de São João Del-Rei

**Prisão seria seguir um destino que não fosse o próprio. Há uma grande liberdade
em se ter um destino. Este é o nosso livre-arbítrio.**

Clarice Lispector (Escritora brasileira)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha avó Maria Rita da Silva Valgas Lima, que sempre acreditou no valor dos meus estudos, antes mesmo que eu pudesse compreender. Este trabalho também é fruto da sua dedicação à minha história.

Agradeço à minha mãe, Ariadna, por ser minha amiga e minha luz nos dias difíceis. Você me ensinou a acreditar.

Agradeço às minhas irmãs, Larissa e Cecília. Em cada momento que pensei em desistir, foi no amor de vocês que encontrei forças para continuar. Foi na vontade de ser um bom exemplo.

Agradeço aos meus tios, Ricardo e Juliana, e aos meus primos, Ravi e Arthur. Foi nesse lar que encontrei segurança, amor e condições para construir o meu caminho.

Agradeço ao GEFIT- Grupo de Estudos em Fitotecnia, ao qual encontrei uma família de amigos que me mostraram o valor do campo e do companheirismo. Aqui, eu tracei grande parte da minha evolução profissional.

Agradeço ao Ricardo Almeida, pelo incentivo e apoio profissional. Foi ao seu lado que vivi fases de muita felicidade.

Agradeço, também, ao meu orientador Iran Dias Borges, pelas inúmeras oportunidades, e por acreditar em mim quando eu ainda estava começando.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Precipitação pluviométrica mensal durante o período de condução do experimento em Sete Lagoas, MG, no ano agrícola de 2025.....	15
Figura 2 - Área da distribuição experimental dos híbridos de milho na área de cultivo no NDTA, Sete Lagoas, MG, 2025.....	16
Figura 3 - Avaliação da coloração da palha de milho utilizando colorímetro, Sete Lagoas, MG, 2026.....	18
Figura 4 - Determinação da espessura da palha de milho utilizando micrômetro digital, Sete Lagoas, MG, 2026.....	18
Figura 5 - Pontos de medição utilizados para determinação da espessura da palha de milho, Sete Lagoas, MG, 2026.....	19
Figura 6 - Avaliação da resistência mecânica da palha de milho utilizando texturômetro com garras de tração, Sete Lagoas, MG, 2025.....	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 A cultura do milho (<i>Zea mays L.</i>)	10
2.2 Aproveitamento de resíduos agrícolas e sustentabilidade	11
2.3 Utilização da palha de milho no artesanato	11
2.4 Utilização da palha de milho na produção de cigarros artesanais	12
2.5 Características físicas e sensoriais da palha de milho	12
2.6 Variabilidade genética e melhoramento da qualidade da palha	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 Época e local	14
3.2 Condução do experimento	15
3.3 Avaliação laboratorial	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1 Coloração da palha	20
4.2 Espessura da palha	23
4.3 Resistência mecânica da palha	24
5 CONCLUSÃO	26
6 REFERÊNCIAS	26

RESUMO

A palha da espiga de milho apresenta potencial para agregação de valor à cultura, podendo ser destinada a diferentes formas de aproveitamento. Entretanto, informações sobre as características físicas da palha de híbridos comerciais ainda são escassas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a coloração, a espessura e a resistência mecânica da palha de diferentes híbridos de milho, visando identificar materiais com potencial para usos alternativos. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de São João del-Rei, campus Sete Lagoas, utilizando amostras provenientes de ensaio implantado em campo no ano de 2025. Dentre os 12 híbridos inicialmente avaliados, foram selecionados cinco híbridos para a realização das análises laboratoriais. A coloração da palha foi determinada por meio dos parâmetros L^* , a^* e b^* do sistema CIELAB, utilizando colorímetro. A espessura foi mensurada com micrômetro digital e a resistência mecânica à tração foi avaliada em texturômetro equipado com garras de tração. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo programa Sisvar. Observou-se diferença significativa entre os híbridos para todas as características avaliadas. Os híbridos B2817 e AG8606 apresentaram maiores valores de luminosidade, AG8606 destacou-se pela maior espessura da palha e BM709 BTMax apresentou maior resistência mecânica. Concluiu-se que existe variabilidade entre os híbridos quanto às propriedades físicas da palha, evidenciando o potencial de seleção de materiais destinados a diferentes formas de aproveitamento e agregação de valor à cultura do milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Palha de milho. Cultivares. Artesanato.

ABSTRACT

Corn husk presents potential for adding value to maize production and may be used for different purposes. However, information regarding the physical characteristics of husks from commercial hybrids remains scarce. Therefore, this study aimed to evaluate the color, thickness, and mechanical resistance of the husks from different maize hybrids in order to identify materials with potential for alternative uses. The experiment was conducted at the Federal University of São João del-Rei, Sete Lagoas campus, using samples obtained from a field trial established in 2025. Among the 12 hybrids initially evaluated, five hybrids were selected for laboratory analyses. Husk color was determined using the L*, a*, and b* parameters of the CIELAB color system with a colorimeter. Thickness was measured using a digital micrometer, and tensile mechanical resistance was assessed using a texture analyzer equipped with tensile grips. The data obtained were subjected to analysis of variance and mean comparison using the Sisvar software. Significant differences among hybrids were observed for all evaluated characteristics. The B2817 and AG8606 hybrids showed higher lightness values, AG8606 exhibited the greatest husk thickness, and BM709 BTMax showed the highest mechanical resistance. It was concluded that variability exists among hybrids regarding the physical properties of maize husks, highlighting the potential for selecting materials for different forms of utilization and value addition to maize production.

Keywords: *Zea mays L. Corn husk. Cultivars. Handicrafts.*

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas de maior importância econômica, social e histórica no mundo, apresentando ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e grande relevância para a segurança alimentar. Além de sua utilização na alimentação humana e, principalmente, animal, essa cultura possui elevada versatilidade de uso, sendo matéria-prima para a produção de combustíveis, bebidas, polímeros e diversos outros produtos industriais (MIRANDA, 2018). Essa diversidade de aplicações reforça sua importância dentro do agronegócio brasileiro, e evidencia o potencial de aproveitamento integral de seus subprodutos, como a palha da espiga.

Embora a palha de milho seja um resíduo agrícola abundante, seu aproveitamento econômico ainda é limitado. Nas propriedades rurais brasileiras, esse material é frequentemente incinerado ou utilizado como cama em criadouros de aves, sendo a produção artesanal uma das poucas formas consolidadas de agregação de valor a esse subproduto (ROMÃO, 2015). Nesse contexto, a caracterização das propriedades físicas da palha pode contribuir para a identificação de materiais com potencial para diferentes formas de utilização e geração de renda. O aproveitamento adequado desse subproduto contribui para a redução de desperdícios, agrega valor econômico à produção e favorece a adoção de práticas mais sustentáveis dentro dos sistemas produtivos, especialmente por meio da utilização da biomassa residual (MARUCCIO, 2025). Além disso, esse aproveitamento pode representar uma importante fonte de renda complementar, especialmente para pequenos produtores e comunidades rurais.

Entretanto, os programas de melhoramento genético da cultura são tradicionalmente direcionados para características relacionadas à produtividade de grãos, resistência a pragas e doenças, adaptação ambiental e desempenho agrônomo, havendo pouca ou nenhuma seleção específica voltada à qualidade da palha para esses fins alternativos. Essa ausência de direcionamento torna relevante a identificação de híbridos que, mesmo não desenvolvidos especificamente para esse propósito, apresentem características desejáveis como coloração adequada, espessura uniforme, resistência mecânica e boa aceitação sensorial.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar cinco híbridos de milho (BM3066, B2817, K9575, AG8606 e BM709) quanto às características físicas da palha, incluindo cor, espessura e resistência mecânica, além da análise sensorial, visando identificar materiais com maior potencial de utilização na produção de cigarros de palha e no artesanato. Dessa forma, busca-se contribuir para a valorização desse subproduto agrícola, promovendo

seu melhor aproveitamento e fortalecendo práticas mais sustentáveis dentro da cadeia produtiva do milho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO MILHO (*ZEa MAYS L.*)

O milho (*Zea mays L.*) pertence à família Poaceae e é uma espécie originária da região mesoamericana, com centro de origem genética no México, sendo destinado ao consumo humano, à alimentação animal e à utilização industrial diversificada (SILVEIRA et al., 2015).

A cultura destaca-se como o segundo cereal mais produzido no Brasil, fato associado à sua ampla adaptação às condições climáticas do país, o que possibilita seu cultivo em duas épocas distintas ao longo do ano agrícola, denominadas primeira e segunda safra. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), na safra 2024/25 a área cultivada com a cultura foi estimada em aproximadamente 22 milhões de hectares, com produção total projetada em 126,9 milhões de toneladas. Desse total, cerca de 24,7 milhões de toneladas correspondem à primeira safra e 99,8 milhões de toneladas à segunda safra.

A planta do milho apresenta metabolismo fotossintético do tipo C4, o qual o mecanismo de concentração de CO₂ nas células da bainha vascular contribui para maior eficiência fisiológica, reduzindo as perdas de água associadas à abertura estomática necessária para a absorção de dióxido de carbono (BUCKERIDGE et al., 2015). Essa elevada eficiência fisiológica está diretamente relacionada à maior capacidade de conversão da radiação solar em biomassa vegetal por meio dos processos fotossintéticos, favorecendo elevada produção de matéria seca e geração de resíduos agrícolas com potencial de aproveitamento econômico e sustentável (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

Considerando que a palha de milho representa aproximadamente 10% do peso da espiga seca, a elevada produção nacional de milho sugere grande potencial de geração desse resíduo, podendo alcançar milhões de toneladas por safra. A palha da espiga é obtida durante o processo de colheita e, apesar de apresentar potencial de aproveitamento, frequentemente não possui utilização definida, sendo considerada um resíduo agrícola (DOS SANTOS-ROCHA et al., 2017).

2.2 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E SUSTENTABILIDADE

“Graças à vasta biodiversidade encontrada em seu território, o Brasil dispõe de uma grande variedade de resíduos agrícolas e agro-industriais cujo bioprocessamento seria de grande interesse econômico e social” (RAMOS et al., 2000, p. 2). Atualmente, a crescente preocupação com a conservação ambiental tem impulsionado o desenvolvimento de alternativas que visam reduzir a geração destes subprodutos, bem como ampliar as possibilidades de aproveitamento, tornando esse tema cada vez mais relevante para pesquisas acadêmicas e industriais (MENDES et al., 2014). Sendo assim, tais materiais podem ser destinados a diferentes finalidades, como produção de energia, compostagem, ração animal e geração de biomassa, contribuindo para a agregação de valor às cadeias produtivas e para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

2.3 UTILIZAÇÃO DA PALHA DE MILHO NO ARTESANATO

O artesanato com palha de milho é uma atividade que vem se expandindo por apresentar fácil obtenção, baixo custo e caráter renovável. Bonecas, cestos, móveis trançados e outros produtos feitos com este material têm contribuído para tornar o artesanato rural uma atividade lucrativa e, também, despertado o interesse de empresas dispostas a comercializar esses produtos nos mercados interno e externo. O interesse pela utilização da palha de milho no artesanato amplia as possibilidades de geração de renda ao produtor rural, uma vez que, além da comercialização dos grãos, a palha pode ser utilizada na confecção de peças artesanais ou destinada à venda para terceiros interessados nesse material (TEIXEIRA et al., 2008).

Além da importância econômica, o artesanato com palha de milho também apresenta relevante papel social e cultural em comunidades rurais, contribuindo para a valorização de conhecimentos tradicionais transmitidos entre gerações. A confecção de peças artesanais está frequentemente associada ao trabalho familiar e à complementação da renda no meio rural, favorecendo a permanência de pequenos produtores no campo e fortalecendo a identidade cultural local.

Para utilização artesanal, algumas características da palha são consideradas fundamentais, como flexibilidade, resistência, uniformidade e coloração, uma vez que esses atributos influenciam diretamente a qualidade, durabilidade e aparência final das peças

produzidas. Dessa forma, a variabilidade existente entre diferentes híbridos de milho pode influenciar o potencial de aproveitamento da palha para fins artesanais.

2.4 UTILIZAÇÃO DA PALHA DE MILHO NA PRODUÇÃO DE CIGARROS DE PALHA

Segundo Dos Santos, Triaca e Leivas (2023), o consumo de produtos derivados do tabaco ainda apresenta ampla distribuição no Brasil, especialmente entre populações de menor renda e escolaridade. Nesse contexto, o cigarro de palha mantém forte relação com aspectos culturais e tradicionais, especialmente em regiões rurais, onde sua produção e consumo estão historicamente associados ao meio agrícola. Por outro lado, segundo Maruccio (2025), o cigarro de palha vem ganhando espaço também no cenário urbano, impulsionado pela valorização de produtos considerados artesanais e naturais. Nesse contexto, a utilização da palha de milho como insumo para a produção artesanal de cigarros representa uma alternativa de agregação de valor ao subproduto, apresentando potencial atrativo sob a perspectiva econômica.

Para utilização na produção de cigarros de palha, características físicas como resistência, flexibilidade, espessura e coloração do material são consideradas importantes, uma vez que influenciam diretamente o processo de confecção, a integridade estrutural do produto e sua aceitação pelo consumidor. Além disso, a palha apresenta propriedades físicas que favorecem sua combustão lenta e uniforme (COSTA; OLIVEIRA; PINTO, 2020 apud MARUCCIO, 2025). Dessa forma, a qualidade da palha utilizada constitui fator relevante para a padronização e valorização comercial do cigarro de palha.

2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS DA PALHA DE MILHO

As características físicas e sensoriais da palha de milho exercem influência direta sobre seu potencial de aproveitamento em diferentes aplicações, especialmente na produção artesanal e na fabricação de cigarros de palha. Atributos relacionados à aparência, resistência e conformação do material podem interferir tanto na qualidade do processamento quanto na aceitação comercial do produto final.

A palha de milho apresenta composição lignocelulósica rica em celulose, hemicelulose e lignina, características que contribuem para suas propriedades estruturais e ampliam seu potencial de utilização em diferentes aplicações industriais (SALAZAR; SILVA; SILVA, 2005). Dessa forma, a composição fibrosa do material influencia propriedades físicas

importantes, como resistência e flexibilidade, características relevantes para seu aproveitamento artesanal e industrial.

A coloração da palha constitui um importante atributo visual, estando associada à padronização, aparência e valor comercial do material. Segundo Teixeira et al. (2008), o artesanato com palha de milho valoriza justamente a variabilidade das cores, visto que os aspectos visuais influenciam diretamente a estética das peças produzidas. Já na produção de cigarros artesanais, tonalidades bege ou creme, associadas à uniformidade da coloração, tendem a ser mais apreciadas.

Além da coloração, a espessura e a maleabilidade da palha também representam características importantes para seu aproveitamento. Materiais mais finos e flexíveis tendem a facilitar o manuseio e a conformação durante a produção de cigarros artesanais, enquanto palhas com maior resistência e flexibilidade podem apresentar melhor desempenho na confecção de peças artesanais.

Dessa forma, a variabilidade das características físicas e sensoriais da palha de milho evidencia a importância da identificação de materiais com potencial específico para diferentes formas de aproveitamento.

2.6 VARIABILIDADE GENÉTICA E MELHORAMENTO DA QUALIDADE DA PALHA

O milho apresenta ampla variabilidade genética, resultando em diferenças morfológicas, fisiológicas e produtivas entre os materiais cultivados. A ampla oferta de cultivares de milho disponíveis no mercado contribui significativamente para os avanços da agricultura brasileira, promovendo melhorias relacionadas à produtividade e à qualidade da cultura. De modo geral, os programas de melhoramento genético do milho têm sido direcionados principalmente para características associadas à produção de grãos, incluindo uniformidade, adaptabilidade, estabilidade e tolerância a estresses bióticos e abióticos (TEIXEIRA et al., 2010). Entretanto, características relacionadas à qualidade da palha ainda recebem menor atenção nos programas de seleção, apesar do potencial de aproveitamento desse subproduto para produção de artesanato e cigarros de palha.

Nesse contexto, a Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas- MG, conduz um programa- o Banco Ativo de Germoplasma de Milho (BAG Milho)-, que reúne materiais com diferentes características agronômicas e morfológicas que podem ser exploradas em programas de melhoramento e em estudos voltados ao aproveitamento da palha de milho. Segundo Paes, Teixeira e Martins (2008), a seleção desses materiais vem sendo realizada de

forma participativa junto às comunidades de artesãos, os quais identificam diferenças entre os genótipos com base em atributos relacionados à qualidade da palha. Além disso, os autores destacam que características relacionadas à composição da fibra podem auxiliar na identificação de materiais com maior potencial de utilização, contribuindo como ferramenta complementar em programas de melhoramento.

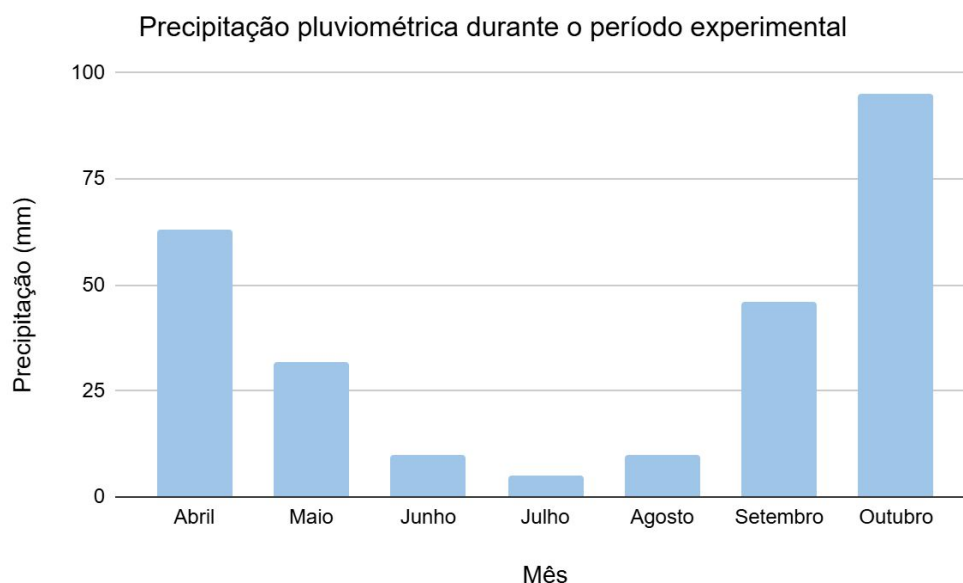
Dessa forma, a caracterização de diferentes genótipos de milho torna-se importante para identificação de materiais com características desejáveis da palha, contribuindo tanto para programas de melhoramento quanto para ampliação das possibilidades de aproveitamento desse subproduto. Além disso, características agronômicas associadas às plantas e espigas também podem influenciar o potencial de utilização da palha, tornando necessária a avaliação integrada desses atributos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÉPOCA E LOCAL

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2025, na área experimental pertencente ao Núcleo de Difusão de Tecnologias – NDTA, da Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ, campus Sete Lagoas, localizada no município de Sete Lagoas em Minas Gerais, com altitude de aproximadamente 752 metros. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico. O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos secos. Durante o período experimental, foram registradas variações na precipitação pluviométrica características da região, conforme apresentado na Figura 1 (CLIMATEMPO, 2025).

Figura 1 – Precipitação pluviométrica mensal durante o período de condução do experimento em Sete Lagoas, MG, no ano agrícola de 2025.



Fonte: Adaptado de CLIMATEMPO (2025).

3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram implantados 12 híbridos de milho, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, na área apresentada na Figura 2. Entretanto, para realização das avaliações relacionadas ao potencial de aproveitamento da palha, foram selecionados cinco híbridos. As respectivas características agrônômicas dos materiais avaliados estão apresentadas no Quadro 1.

As parcelas experimentais foram compostas por seis linhas de cultivo, utilizando espaçamento de 0,70 m entre linhas e densidade populacional estimada em 60.000 plantas ha^{-1} . A semeadura foi realizada em 25 de abril de 2025, utilizando semeadora mecânica da universidade. A adubação de plantio foi realizada com aplicação de 280 kg ha^{-1} da formulação 8-28-16. Aos 49 dias após o plantio, foram aplicados, em cobertura, 100 kg ha^{-1} de uréia associados a 2 kg ha^{-1} de Nutripastagem®.

Durante a condução experimental, foi observada a presença de plantas daninhas, incluindo trapoeraba, tiririca, mamona, poaia e milho tiguera. Também foi constatada a ocorrência de cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*). Em 16 de maio de 2025, foi realizada aplicação de inseticida sistêmico à base de neonicotinoides e piretroides, utilizando o produto comercial Connect® associado a óleo vegetal e atrazina. Posteriormente, em 21 de maio de 2025, foi realizada reaplicação do produto associada à aplicação de atrazina para manejo de plantas daninhas.

A coleta das espigas e das variáveis agronômicas foi iniciada em 11 de outubro de 2025, quando as plantas se encontravam em estágio reprodutivo avançado, próximo à maturidade fisiológica dos grãos.

Figura 2 - Área da distribuição experimental dos híbridos de milho na área de cultivo no NDTA, Sete Lagoas, MG, 2025.



Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 1 - Características agronômicas dos híbridos de milho avaliados no experimento, Sete Lagoas, MG, 2026.

Híbrido	Empresa	Ciclo	Tecnologia	Finalidade
K 9575	Supra	Precoce	VIP3	Dupla aptidão
B 2817	Brevant	Precoce	PWU	Grãos
BM 3066	Biomatrix	Precoce	BTMAX	Dupla aptidão
AG 8606	Agrocere	Precoce	PRO4	Dupla aptidão
BM 709	Biomatrix	Precoce	PRO2	Grãos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

3.3 AVALIAÇÃO LABORATORIAL

Após a coleta das espigas, as palhas foram removidas manualmente e separadas conforme os respectivos híbridos e repetições. Para realização das análises, foram coletadas 10 espigas por parcela. As amostras de palha foram acondicionadas em caixas devidamente identificadas e armazenadas até a realização das avaliações laboratoriais.

As análises foram conduzidas no laboratório de Embalagens, da Universidade Federal de São João del-Rei. Foram avaliadas características físicas da palha de milho, incluindo coloração, espessura e resistência mecânica. A coloração das amostras foi determinada utilizando colorímetro, enquanto a espessura foi mensurada com auxílio de micrômetro. A resistência mecânica da palha foi avaliada por meio de texturômetro, determinando a força necessária para ruptura do material.

A avaliação da coloração da palha foi realizada utilizando colorímetro (Figura 3), com leituras obtidas na região central das amostras. Foram avaliadas cinco espigas por repetição, sendo analisadas cinco camadas de palha por espiga, totalizando 25 amostras por repetição. Para cada amostra, o equipamento realizou três leituras, fornecendo valores nos parâmetros L^* , a^* e b^* do sistema CIELAB. O parâmetro L^* representa a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco). O parâmetro a^* indica a variação entre verde e vermelho, sendo os valores negativos associados à tonalidade verde, os positivos à tonalidade vermelha e valores próximos de zero indicativos de neutralidade entre essas cores. Já o parâmetro b^* representa a variação entre azul e amarelo, em que valores negativos indicam tonalidade azul, positivos indicam tonalidade amarela e valores próximos de zero representam neutralidade entre essas tonalidades. Os híbridos foram comparados quanto à coloração natural da palha, sem a realização de qualquer processo de beneficiamento ou tratamento pós-colheita, permitindo a avaliação das diferenças intrínsecas entre os materiais genéticos estudados.

Figura 3 – Avaliação da coloração da palha de milho utilizando colorímetro, Sete Lagoas, MG, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

A espessura da palha foi determinada utilizando micrômetro (Figura 4), totalizando 25 amostras por repetição. As medições foram realizadas em cinco pontos distintos da palha, sendo dois na região superior, dois na região inferior e um na região central da amostra, conforme apresentado na figura 5.

Figura 4 – Determinação da espessura da palha de milho utilizando micrômetro digital, Sete Lagoas, MG, 2026.



FONTE: ARQUIVO PESSOAL (2026).

Figura 5 – Pontos de medição utilizados para determinação da espessura da palha de milho, Sete Lagoas, MG, 2026.



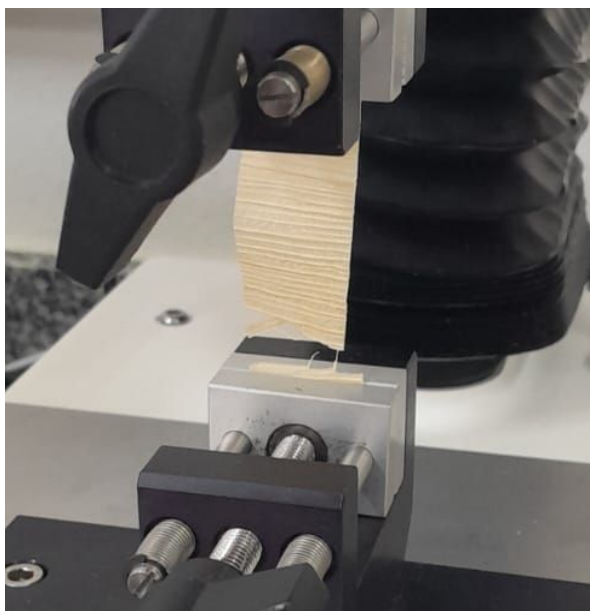
Fonte: Arquivo pessoal (2026).

A resistência mecânica da palha foi avaliada utilizando texturômetro (Figura 6), equipamento utilizado para determinação de propriedades mecânicas de materiais por meio da aplicação controlada de força. O aparelho foi equipado com garras de tração para fixação das amostras, permitindo a realização de ensaio de tração até o rompimento da palha.

Para realização do ensaio, 25 amostras foram padronizadas em fragmentos com aproximadamente 2 cm de largura e 7 cm de comprimento.

As análises foram realizadas no sentido longitudinal das fibras da palha, buscando minimizar interferências relacionadas à orientação estrutural do material durante o rompimento, além de representar a disposição utilizada na confecção de cigarros de palha. Durante o ensaio, o equipamento realizou tração contínua da amostra até sua ruptura, registrando simultaneamente os dados em gráfico gerado por software. A resistência mecânica foi expressa em Newton (N), correspondente à força necessária para ruptura da amostra.

Figura 6 – Avaliação da resistência mecânica da palha de milho utilizando texturômetro com garras de tração, Sete Lagoas, MG, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando os efeitos de híbridos, camadas de palha e a interação entre esses fatores. Quando verificado efeito significativo, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COLORAÇÃO DA PALHA

A coloração da palha diferiu significativamente entre os híbridos avaliados para os três parâmetros do sistema CIELAB (L^* , a^* e b^*) ($p < 0,05$), evidenciando a influência do material genético sobre a aparência natural da palha. Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas entre as camadas avaliadas dentro de um mesmo híbrido, indicando relativa uniformidade da coloração ao longo das diferentes posições da palha na espiga. Entretanto, diferenças entre híbridos foram verificadas quando comparados dentro de cada camada, demonstrando que o genótipo exerceu maior influência sobre a coloração do que a posição da palha na espiga.

Os valores médios dos parâmetros L^* , a^* e b^* dos cinco híbridos avaliados estão apresentados na Tabela 1.

Em relação à luminosidade (L^*), os valores variaram de 65,22 a 68,82. Os híbridos B2817 e AG8606 apresentaram os maiores valores, correspondendo às palhas naturalmente mais claras, enquanto o híbrido K9575 apresentou o menor valor de luminosidade. O parâmetro L^* é amplamente utilizado para expressar o grau de claridade do material, sendo que valores mais elevados indicam maior proximidade da cor branca. Embora as palhas avaliadas não tenham sido submetidas ao processo de beneficiamento com enxofre, normalmente empregado na produção comercial de cigarros de palha, os resultados obtidos permitem identificar híbridos com maior luminosidade natural, característica que pode representar uma vantagem em aplicações nas quais a aparência visual do material é valorizada.

Para o parâmetro a^* , que representa a variação entre as tonalidades verde e vermelha, os híbridos apresentaram valores próximos de zero, variando de -0,74 a 0,14. Esses resultados indicam baixa intensidade dessas tonalidades na palha, característica esperada para materiais vegetais secos. Observou-se tendência mais esverdeada para o híbrido K9575 e ligeiramente mais avermelhada para o AG8606, embora as diferenças absolutas tenham sido pequenas.

Já os valores de b^* apresentaram amplitude entre 12,11 e 17,19, sendo todos positivos, o que evidencia predominância da tonalidade amarela nas palhas avaliadas. O híbrido AG8606 apresentou o maior valor de b^* , indicando coloração mais amarelada, enquanto K9575 apresentou os menores valores para esse parâmetro. A tonalidade amarela é uma característica frequentemente associada à aparência natural da palha de milho e pode influenciar sua aceitação em diferentes formas de aproveitamento, especialmente em produtos artesanais nos quais a estética do material constitui um atributo relevante.

De maneira geral, os resultados demonstram que as diferenças de coloração observadas foram determinadas principalmente pelo híbrido avaliado, enquanto a posição da camada na espiga exerceu pouca influência sobre essas características. Esses achados sugerem que a seleção de materiais genéticos pode ser uma estratégia importante para obtenção de palhas com atributos visuais específicos, contribuindo para a agregação de valor desse subproduto agrícola.

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros de cor L*, a* e b* da palha de cinco híbridos de milho avaliados em Sete Lagoas, MG, 2026.

L

	HÍBRIDO					
CAMADA	K9575	BM3066	BM709	AG8606	B2817	MPC
1	63.97Ba	63.37Ba	67.27Aa	67.47Aa	67.55Aa	65.93A
2	65.17Aa	66.44Aa	67.2Aa	67.02Aa	66.59Aa	66.48A
3	64.89Ba	68.2Aa	63.71Ba	70.06Aa	69.54Aa	67.28A
4	64.83Ba	66.85Ba	66.95Ba	69.61Aa	69.51Aa	67.55A
5	67.19Ba	66.13Ba	67.01Ba	67.05Ba	70.93Aa	67.66A
MPH	65.22b	66.2b	66.42b	68.24a	68.82a	-

A

	HÍBRIDO					
CAMADA	K9575	BM3066	BM709	AG8606	B2817	MPC
1	-0,74Ba	-0,5Ba	-0,12Aa	0,01Aa	-0,46Ba	-0,36A
2	-0,73Ba	-0,58Ba	0,01Aa	0,18Aa	-0,70Ba	-0,35A
3	-0,72Ba	-0,57Ba	0,22Aa	0,21Aa	-0,70Ba	-0,31A
4	-0,77Bb	-0,56Ba	-0,00Aa	0,16Ab	-0,71Ba	-0,38A
5	-0,75Ba	-0,65Ba	-0,36Ba	0,15Aa	-0,57Ba	-0,44A
MPH	-0,74c	-0,57c	-0,03b	0,14a	-0,63c	-

B

	HÍBRIDO					
CAMADA	K9575	BM3066	BM709	AG8606	B2817	MPC
1	12,15Ba	12,8Ba	15,14Aa	16,6Aa	14,06Ba	14,11A
2	12,01Ba	13,50Ba	16,67Aa	16,77Ba	14,04Ba	14,61A
3	12,16Ca	14,17Ba	15,69Ba	18,03Aa	14,95Ba	14,67A

4	11,61Ca	13,33Ca	16,01Ba	17,53Aa	14,86Ba	14,83A
5	12,45Ba	12,17Ba	15,76Aa	17,21Aa	16,45Aa	15,02A
MPH	12,11e	13,21b	15,85a	17,2d	14,87c	-

Legenda: média por híbrido (MPH); média por camada (MPC). Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância para os híbridos dentro de cada camada. Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística a 5% de significância para as camadas dentro de cada híbrido.

A coloração constitui um dos principais atributos visuais utilizados na avaliação da qualidade de materiais de origem vegetal, influenciando diretamente a percepção e a aceitação do produto (Hutchings 1999). Embora o presente estudo tenha avaliado a palha de milho destinada a usos alternativos, diferenças na coloração podem representar características desejáveis em aplicações nas quais o aspecto visual do material é valorizado. Segundo Pathare, Opara e Al-Said (2013), o sistema CIELAB é amplamente empregado na caracterização objetiva da cor em produtos agrícolas, uma vez que apresenta elevada correspondência com a percepção visual humana e permite a quantificação precisa das diferenças de coloração. Nesse sistema, o parâmetro L representa a luminosidade do material, enquanto os parâmetros a e b descrevem as coordenadas cromáticas nos eixos verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente.

Dessa forma, os maiores valores de L observados nos híbridos B2817 e AG8606 sugerem potencial para aplicações em que a aparência visual da palha seja um atributo desejável. Ressalta-se que as avaliações foram realizadas em palhas sem submissão ao tratamento em câmara de enxofre, refletindo a coloração natural dos híbridos estudados. Embora não tenha sido estabelecida relação direta com padrões comerciais específicos, os resultados obtidos evidenciam diferenças genéticas capazes de influenciar o aspecto visual da palha e, conseqüentemente, sua adequação para diferentes formas de aproveitamento.

4.2 ESPESSURA DA PALHA

A espessura da palha diferiu significativamente entre os híbridos avaliados ($p < 0,05$). Os valores médios estão apresentados na Tabela 2, variando entre 0,254 e 0,303 mm. O híbrido AG8606 apresentou a maior espessura média da palha (0,303 mm), enquanto BM709 BTMax apresentou os menores valores (0,254 mm). Os híbridos K9575 VIP3, B2817 e BM3066 BTMax apresentaram valores intermediários.

A espessura é uma característica relevante para o aproveitamento da palha, podendo influenciar o manuseio e a uniformidade do material em diferentes aplicações. Em atividades artesanais, por exemplo, palhas com diferentes espessuras podem apresentar comportamentos distintos durante o processamento e a confecção das peças. Dessa forma, a identificação de híbridos com características específicas pode auxiliar na seleção de materiais mais adequados para cada finalidade de uso.

Embora tenham sido avaliadas diferentes camadas da palha, não foram observadas diferenças significativas entre elas dentro de um mesmo híbrido, indicando que a posição da palha na espiga exerceu pouca influência sobre essa característica.

Tabela 2. Valores médios de espessura da palha de cinco híbridos de milho avaliados em Sete Lagoas, MG, 2026.

CAMADA	HÍBRIDO					MPC
	K9575	AG8606	B2817	BM3066	BM709	
1	0,24Ab	0,26Ab	0,23Ab	0,25Aa	0,22Ab	0,24D
2	0,23Ab	0,28Ab	0,26Ab	0,27Aa	0,26Aa	0,26C
3	0,27Bb	0,31Aa	0,29Ba	0,28Ba	0,25Ba	0,28B
4	0,29Ba	0,33Aa	0,29Ba	0,30Ba	0,26Ca	0,29A
5	0,31Aa	0,33Aa	0,29Ba	0,28Ba	0,28Ba	0,30A
MPH	0,27b	0,30a	0,27b	0,27b	0,25c	-

Legenda: média por híbrido (MPH); média por camada (MPC). Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância para os híbridos dentro de cada camada. Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística a 5% de significância para as camadas dentro de cada híbrido.

Os resultados demonstraram diferenças significativas entre os híbridos quanto à espessura da palha, evidenciando variabilidade física entre os materiais avaliados. As características morfológicas das fibras naturais desempenham papel fundamental na determinação de seu desempenho físico e mecânico, uma vez que parâmetros microestruturais, como a organização das camadas celulares e a presença do lúmen, influenciam diretamente o comportamento do material (AKTER et al., 2026). Dessa forma, as diferenças observadas na espessura da palha podem refletir particularidades estruturais dos híbridos estudados, podendo influenciar atributos relacionados ao manuseio, à flexibilidade e ao potencial de utilização do material. Entretanto, conforme observado neste estudo, a maior espessura não esteve necessariamente associada aos maiores valores de resistência mecânica, indicando que outras características anatômicas e composicionais também contribuem para o desempenho da palha.

4.3 RESISTÊNCIA MECÂNICA DA PALHA

A resistência mecânica da palha diferiu significativamente entre os híbridos avaliados ($p < 0,05$), evidenciando influência do material genético sobre essa característica. Não foram observadas diferenças significativas entre as camadas avaliadas dentro de cada híbrido, indicando comportamento relativamente uniforme da resistência ao longo da espiga. Entretanto, diferenças entre híbridos foram verificadas dentro das camadas analisadas, demonstrando que o genótipo exerceu maior influência sobre a resistência mecânica da palha.

Os valores médios de resistência à tração estão apresentados na Tabela 3. Os híbridos apresentaram resistência variando de 3,57 a 10,33 N. O híbrido BM709 BTMax apresentou os maiores valores médios de resistência mecânica, diferindo dos demais materiais, enquanto K9575 VIP3 apresentou os menores valores.

A resistência mecânica constitui uma característica importante para o aproveitamento da palha, uma vez que está diretamente relacionada à capacidade do material suportar esforços durante o manuseio e processamento. Palhas mais resistentes tendem a apresentar menor suscetibilidade ao rompimento, podendo ser mais adequadas para aplicações que exigem maior integridade estrutural.

Observou-se que o híbrido AG8606, embora tenha apresentado a maior espessura média da palha, não apresentou os maiores valores de resistência mecânica. Esse resultado sugere que a resistência não depende exclusivamente da espessura do material, podendo estar relacionada a outros fatores, como a organização das fibras e a composição estrutural da parede celular. Da mesma forma, BM709 destacou-se pela elevada resistência mesmo apresentando menores valores de espessura, reforçando a importância de características intrínsecas do material além das dimensões físicas avaliadas.

Tabela 3. Valores médios de resistência mecânica da palha dos híbridos de milho avaliados em Sete Lagoas, MG, 2026.

CAMADA	HÍBRIDO					MPC
	K9575	AG8606	B2817	BM3066	BM709	
1	2,06Ba	6,08Ba	4,97Ba	8,84Aa	14,16Aa	7,22A
2	3,72Ba	5,29Ba	4,08Ba	8,23Aa	10,50Aa	6,36A
3	4,01Aa	5,09Aa	5,05Aa	5,06Aa	8,71Aa	5,58A
4	3,33Aa	6,06Aa	8,61Aa	5,85Aa	8,88Aa	6,55A
5	4,77Aa	7,89Aa	10,03Aa	7,32Aa	9,39Aa	7,88A
MPH	3,57c	6,08b	6,55b	7,06b	10,33a	-

Legenda: média por híbrido (MPH); média por camada (MPC). Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância para os híbridos dentro de cada camada. Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística a 5% de significância para as camadas dentro de cada híbrido.

Os resultados obtidos evidenciaram diferenças significativas entre os híbridos quanto à resistência mecânica da palha. Embora materiais mais espessos possam apresentar maior robustez estrutural, a resistência à tração não depende exclusivamente da espessura do material. De acordo com Paula (1999 apud ROMÃO, 2015), a resistência das fibras vegetais apresenta estreita relação com a espessura da parede celular e com o teor relativo de celulose, de modo que fibras com paredes mais espessas tendem a apresentar maior resistência. Além disso, características anatômicas, como a fração parede e a organização estrutural das fibras, influenciam diretamente a rigidez e o comportamento mecânico do material. Ao caracterizar fibras de palha de milho, Romão (2015) relatou que essas apresentam elevada fração parede, o

que pode resultar em materiais mais rígidos e menos flexíveis quando comparados a fibras com menor proporção de parede celular.

Mendes (2015) também destaca que a composição lignocelulósica da palha de milho apresenta ampla variação nos teores de celulose, hemicelulose e lignina, sendo influenciada por fatores genéticos, ambientais e metodológicos. Dessa forma, as diferenças observadas entre os híbridos avaliados sugerem que tanto fatores anatômicos quanto variações na composição química da palha podem ter contribuído para as diferenças na resistência mecânica verificadas neste estudo.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que os híbridos de milho avaliados apresentam diferenças significativas quanto às características físicas da palha, evidenciando a influência do material genético sobre atributos relacionados à sua qualidade e potencial de aproveitamento. A coloração da palha foi determinada principalmente pelo híbrido, com destaque para B2817 PWU e AG8606 Pro4, que apresentaram maior luminosidade natural. Diferenças também foram observadas para a espessura e a resistência mecânica, sendo que o híbrido BM709 BTMax apresentou os maiores valores de resistência à tração, enquanto a maior espessura não esteve necessariamente associada ao melhor desempenho mecânico.

A ausência de diferenças entre as camadas avaliadas dentro de um mesmo híbrido para a maioria das características indica relativa uniformidade da palha ao longo da espiga, reforçando que o genótipo exerceu maior influência do que a posição da camada sobre os atributos analisados.

Dessa forma, a caracterização física da palha permitiu identificar materiais com características distintas, demonstrando o potencial da seleção de híbridos como estratégia para agregar valor a esse subproduto agrícola. Estudos futuros envolvendo análises anatômicas, químicas e avaliações específicas para diferentes formas de aproveitamento poderão ampliar o conhecimento sobre a aptidão da palha de milho para usos alternativos e contribuir para o desenvolvimento de novas oportunidades de utilização e geração de renda.

6 REFERÊNCIAS

AKTER, S. *et al.* Natural fibers: classification, structure, properties and applications: a comprehensive review. *RSC Advances*, Cambridge, v. 16, p. 10495–10537, 2026. DOI: 10.1039/D5RA09029F.

BERGAMASCHI, Homero; MATZENAUER, Ronaldo. *O milho e o clima*. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2014.

BUCKERIDGE, Marcos S. *et al.* *Comparação entre os sistemas fotossintéticos C3 e C4* [em linha]. 2015.

CLIMATEMPO. *Climatologia e histórico de previsão do tempo em Sete Lagoas - MG*. 2025. Disponível em: Climatempo. Acesso em: 18 maio 2026.

CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/25, 12º levantamento*. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, maio 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/apresentacao-12o-lev-safra-graos-set-25.pdf>. Acesso em: 7 maio 2026.

DOS SANTOS, Anderson Moreira Aristides; TRIACA, Livia Madeira; LEIVAS, Pedro Henrique Soares. *Como o tabagismo é distribuído em relação ao status socioeconômico? Evidências para o Brasil nos anos de 2013 e 2019*.

DOS SANTOS-ROCHA, Martha Suzana Rodrigues et al. *Pré-tratamento hidrotérmico de resíduos do milho visando à produção de etanol de segunda geração*. *Scientia Plena*, v. 13, n. 3, 2017.

HUTCHINGS, J. B. *Food colour and appearance*. 2. ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999.

MARUCCIO, Daniel Antonio. *Aproveitamento da palha das espigas como valor agregado ao rendimento de grãos em milho*. 2025.

MENDES, Carlos Augusto de Carvalho. *Caracterização e utilização do resíduo de palha de milho para obtenção de nanocelulose*. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Química ambiental; Polímeros) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MIRANDA, R. A. de. *Uma história de sucesso da civilização*. *A Granja*, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A.-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, v. 6, n. 1, p. 36–60, 2013.

RAMOS, Luiz Pereira et al. *Aproveitamento integral de resíduos agrícolas e agro-industriais*. *Seminário Nacional sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais*. São Paulo, 2000.

ROMÃO, D. R. *Caracterização anatômica e propriedades das fibras de palha de milho visando à produção de celulose e papel*. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

SALAZAR, R. F. S.; SILVA, G. L. P.; SILVA, M. L. C. P. *Estudo da composição da palha de milho para posterior utilização como suporte na preparação de compósitos*. In: *Proceedings of the VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*. 2005.

SILVEIRA, Diógenes Cecchin et al. *Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (Zea mays L.) na região noroeste do Rio Grande do Sul*. *Ciência & Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 01-11, 2015.

TEIXEIRA, F. F. et al. *Variedade de milho BRS Diamantina: opção do aproveitamento da palha no artesanato*. Embrapa Milho e Sorgo. *Comunicado Técnico*, v. 180, 2010.

TEIXEIRA, Flavia F. et al. *Melhoramento participativo de milho visando com palha apropriada para artesanato*. In: *CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO*. 2008.



Universidade Federal
de São João del-Rei

ANEXO A

Termo de autorização para publicação no Repositório Institucional da UFSJ

Eu Ana Flávia Valgas Cotta de Lima, RG: 21086698

Org. Exp.: Polícia Civil, CPF: 700.235.706-95, e-mail: anaflaviacotta4@gmail.com, telefone: (31) 973486559, na qualidade de titular dos direitos de autor que recaem sobre minha produção:

(x) trabalho de conclusão de curso () dissertação de mestrado () tese de doutorado
() _____ (outro)

Título: “CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA PALHA DE MILHO DE DIFERENTES HÍBRIDOS PARA POTENCIAL APROVEITAMENTO ARTESANAL E PRODUÇÃO DE CIGARROS”, defendida em: 09/07/2026, no programa de (x) Graduação () Pós-Graduação em Engenharia Agrônômica, com fundamento nas disposições sobre direitos autorais (Lei nº 9.610 de 19 de fevereiro de 1998), autorizo a Universidade Federal de São João del-Rei a disponibilizar gratuitamente a obra citada, sem ressarcimento de direitos autorais, para fins de leitura e impressão, a título de divulgação da produção científica gerada pela universidade, a partir desta data. Autorizo a liberação:

(x) Total

() Parcial (serão disponibilizados apenas resumo, palavras-chave, e os dados: autor, título, membros da banca examinadora, data de defesa, entre outros).

Motivo: _____.

Obs.:

- No caso de liberação parcial, a dissertação/tese impressa não poderá ser consultada no acervo.
- Estou ciente que, em caso de liberação parcial, o documento será mantido nesta opção durante 1 (um) ano a partir da data de autorização da publicação. Para ampliação deste prazo, devo manifestar-me junto a Dibib/UFSJ. Para liberação antes do prazo estipulado, formalizarei a autorização. Se não houver manifestação, o texto completo da dissertação/tese será liberado em sua totalidade e a versão impressa será disponibilizada para consulta.
- O conteúdo disponibilizado é de minha inteira responsabilidade.

Sete Lagoas, MG, 13 de Julho de 2026.

Documento assinado digitalmente
gov.br ANA FLAVIA VALGAS COTTA DE LIMA
Data: 17/07/2026 15:36:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor