

Brasília, DF / Abril, 2026

Recomendações técnicas para o manejo sustentável da produção de café no Sul de Minas



Milene Alves de Figueiredo Carvalho⁽¹⁾, Dalysse Toledo Castanheira⁽²⁾, Alisson André Vicente Campos⁽³⁾, Samuel Henrique Braga da Cunha⁽³⁾, Giovani Belutti Voltolini⁽³⁾, Otávio José de Figueiredo⁽³⁾, Tiago Teruel Rezende⁽²⁾, Rubens José Guimarães⁽²⁾, Marcelo Ribeiro Malta⁽⁴⁾ e André Dominghetti Ferreira⁽¹⁾

⁽¹⁾ Pesquisador(a), Embrapa Café, Brasília, DF. ⁽²⁾ Professor(a), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. ⁽³⁾ Estudante, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – Unidade Regional Sul de Minas, Lavras, MG.

Introdução

O café, uma das principais commodities agrícolas do Brasil, desempenha um papel fundamental na economia brasileira. O País destaca-se como o maior produtor global de café arábica, com o Sul de Minas Gerais sendo uma das regiões mais importantes. Nos últimos anos, a região experimentou um incremento na área em produção, impulsionado pela recuperação de áreas afetadas pelas geadas de 2021 (International Coffee Organization, 2023; Conab, 2024).

No entanto, a cafeicultura brasileira enfrenta desafios crescentes, como a variabilidade climática, que se manifesta em eventos extremos como secas, veranicos e geadas, afetando a produtividade e a qualidade do café. A escassez hídrica, em particular, representa uma ameaça significativa para o setor, exigindo a adoção de práticas de manejo mais eficientes e sustentáveis.

As condições climáticas variáveis têm desafiado a produção cafeeira no Sul de Minas. O ano agrícola de 2023 foi marcado por um padrão climático peculiar, com chuvas intensas no início do período, seguidas por um período de seca e altas temperaturas, especialmente durante a última florada. Essas condições adversas afetaram a fotossíntese das plantas e causaram danos foliares e abortamento floral, induzindo a formação de grãos com peneira baixa e a maturação desuniforme dos frutos, o que dificultou a colheita e exigiu um manejo mais preciso (Conab, 2024).

Com o intuito de oferecer soluções inovadoras para os desafios enfrentados pela cafeicultura no Sul de Minas, este estudo, iniciado em 2016, investigou o impacto de diferentes práticas de manejo do solo e, mais recentemente, o uso de quitosana na eficiência hídrica, na produtividade e na qualidade da bebida do café. Os resultados obtidos ao longo dos anos de pesquisa permitem recomendar um conjunto de práticas que, ao otimizar o uso da água e melhorar a qualidade do solo, contribuem para aumentar a produtividade e a qualidade do café, além de reduzir os impactos ambientais da atividade.

Dessa forma, essa pesquisa busca contribuir para a construção de sistemas de produção mais sustentáveis e resilientes às mudanças climáticas, fornecendo subsídios técnicos para produtores rurais, cafeicultores e extensionistas, além de favorecer a melhoria da renda dos produtores e a manutenção da posição de destaque do Brasil no mercado internacional.

Estudo experimental para avaliação das diferentes técnicas utilizadas

Foram avaliadas diferentes técnicas de manejo, em dois experimentos, com o objetivo de otimizar a produção de café, buscando aumentar a produtividade e a qualidade do produto, ao mesmo tempo em que se preserva o meio ambiente.

Foram conduzidos dois experimentos (1 e 2) independentes e concomitantes, os quais foram instalados na Universidade Federal de Lavras, localizada na região do Sul de Minas Gerais. Durante a execução dos estudos, ajustes no manejo foram realizados ao longo do tempo, de forma que as técnicas mais promissoras identificadas no experimento 1 foram testadas novamente no experimento 2.

O solo da área experimental de ambos os experimentos foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santos et al., 2013).

O monitoramento de pragas e doenças foi feito regularmente, conforme o calendário agrícola da cultura. O manejo fitossanitário foi realizado conforme a necessidade, seguindo as recomendações de Matiello et al. (2010). A aplicação foliar de micronutrientes seguiu as especificações de Guimarães et al. (1999).

O controle da vegetação espontânea nas entrelinhas do cafeeiro foi feito com roçadora mecânica em todas as parcelas experimentais.

No entanto, na linha de plantio, o controle seguiu o tipo de manejo específico de cada tratamento da parcela.

Experimento 1

O plantio do café foi realizado em 21 de janeiro de 2016, utilizando mudas de café da cultivar Mundo Novo 379-19, com espaçamento de 3,6 m nas entrelinhas de plantio e 0,75 m entre as plantas na linha.

Neste experimento, foram avaliados três sistemas de manejo do solo (filme de polietileno, braquiária e manejo convencional sem cobertura), dois tipos de fertilizantes (convencional e de liberação controlada) e quatro condicionadores de solo (casca de café, gesso, polímero hidrorretentor e composto orgânico), além de um tratamento controle sem condicionador.

As características químicas do solo foram analisadas antes da instalação dos experimentos e são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química (profundidades de 0–20 e 20–40 cm) e granulometria do solo da área experimental 1, antes da instalação do experimento.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al (cmol _c dm ⁻³)	SB	t	T
0–20	5	4,5	104	1,5	0,5	0,2	3,5	2,3	2,5	5,7
20–40	4,6	1,4	48	0,5	0,2	0,5	4,4	0,8	1,3	5,1
	V (%)	m	M.O. (dag kg ⁻¹)	P-Rem (mg L ⁻¹)	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
0–20	39,6	8,1	2,1	27,1	2,9	102,7	22,9	4,1	0,3	35,9
20–40	15,9	37,8	1,3	16,5	0,7	93,5	10,6	3,2	0,5	60,7
Classificação do solo	Argila			Silte (dag kg ⁻¹)			Areia			
Textura argilosa	44			9			47			

Fonte: Castanheira et al. (2018). Laudo emitido pelo Laboratório de Análise Química e Física de Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Nota: SB = soma de bases trocáveis; t = capacidade de troca catiônica efetiva; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação por alumínio; M.O. = matéria orgânica.

A correção do solo e a adubação fosfatada foram realizadas de acordo com os resultados da análise de solo, seguindo as recomendações estabelecidas na 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Guimarães et al., 1999). Para a correção do solo, a dose de calcário utilizada, em área total, para elevar a saturação por bases para 70% correspondeu a 1,9 t ha⁻¹. Utilizou-se calcário dolomítico calcinado com 35% de CaO, 14% de MgO e poder relativo de neutralização total (PRNT) de 90%.

Foram aplicados, adicionalmente, 150 g m⁻¹ de calcário e 350 g de superfosfato simples por metro linear no sulco de plantio.

Experimento 2

Foram instalados dois experimentos em áreas próximas, um com a cultivar Arara e o outro com a cultivar Mundo Novo 376-4, plantados no dia 24 de novembro de 2020, ambos com espaçamento de 3,60 m nas entrelinhas de plantio e 0,60 m entre plantas, na linha de plantio.

Foram avaliados três sistemas de manejo do solo: filme de polietileno, manejo ecológico com braquiária (*Urochloa decumbens*) e manejo convencional sem cobertura. Também foram testados três condicionadores de solo (casca de café, gesso agrícola e composto orgânico), aplicados logo após o plantio e anualmente. A partir do segundo ano, o composto orgânico foi substituído por biochar, devido à sua indisponibilidade e à variabilidade do material inicialmente utilizado. Além disso, foi avaliada a aplicação anual foliar de quitosana, juntamente com um tratamento controle.

A semeadura da braquiária, realizada juntamente com o plantio do café neste experimento

específico, não teve boa germinação, o que atrasou a formação da cultura nas entrelinhas do café. Diante disso, foi necessário o replantio com mudas de braquiária retiradas de uma área adjacente, o que impossibilitou sua ceifa devido à necessidade de espera do perfilhamento das mudas. Dessa forma, no 1º ano de avaliação do experimento 2, as parcelas manejadas com a braquiária não receberam deposição de material vegetal na linha de cultivo. Após o 1º ano, o manejo foi normalizado.

As características químicas do solo foram analisadas antes da instalação dos experimentos e são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental 2, na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al (cmol _c dm ⁻³)	SB	t	T
0-20	5,5	15,1	101,7	2,8	0,8	0,0	3,0	3,87	3,87	6,87
	V	m (%)	M.O.	P-Rem (mg L ⁻¹)	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
0-20	56,33	0,0	2,4	21,5	1,9	30,3	10,2	1,0	0,26	78,1

Fonte: Figueiredo (2022). Laudo emitido pelo Laboratório de Análise de solo 3rLab. Nota: SB = soma de bases trocáveis; t = capacidade de troca catiônica efetiva; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação por alumínio; M.O. = matéria orgânica.

Para a correção do solo, utilizou-se calcário para elevar a saturação por bases para 70%. Foi empregado calcário dolomítico A, com PRNT de 90%, na dose de 300 g de calcário e 640 g de superfosfato simples por metro linear de sulco de plantio, a fim de corrigir maior volume de solo movimentado durante a confecção dos sulcos. Após o estabelecimento das mudas, foi realizada a adubação de cobertura, aplicando-se 30 g m⁻¹ de fertilizante de liberação controlada. A correção do solo e a adubação fosfatada e de cobertura foram realizadas de acordo com os resultados da análise de solo, seguindo as recomendações estabelecidas por Guimarães et al. (1999).

Variáveis analisadas

Foram realizadas avaliações anuais para medir a umidade do solo, o potencial hídrico foliar, a produtividade e a qualidade da bebida do café. As avaliações de umidade de solo e de potencial hídrico ocorreram na época mais seca de cada ano, no mês de agosto. Já os dados de produtividade e qualidade sensorial do café foram coletados após a colheita, ao final do ano agrícola.

Umidade do solo

A umidade do solo foi determinada pelo método padrão da estufa (Claessen, 1997), por meio da coleta de uma amostra deformada na camada de 0 a 20 cm, em cada unidade experimental, com o auxílio de um trado de rosca. A massa úmida foi mensurada em balança de precisão, e as amostras foram mantidas em estufa a 105 °C por 24 horas, para que fosse determinada a massa seca. Posteriormente, calculou-se a umidade gravimétrica do solo, em porcentagem, pela razão da diferença da massa úmida e seca pela massa seca.

A avaliação da umidade do solo é fundamental para o entendimento do balanço hídrico do sistema, permitindo avaliar a disponibilidade de água para as plantas e a eficiência do uso da água nas diferentes técnicas de manejo. Essa medição auxilia na identificação de um possível estresse hídrico, que pode afetar negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, bem como a produção e a qualidade do café. Com os dados de umidade do solo coletados no presente trabalho, é possível identificar as técnicas que garantiram um fornecimento adequado de água para as plantas no período mais seco do ano.

Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar (MPa) foi determinado no período da antemanhã, utilizando-se uma câmara de pressão. A realização das medições nesse horário garante que as plantas estejam em um estado mais próximo do equilíbrio hídrico com o solo, minimizando a influência de processos como a fotossíntese, a respiração e a transpiração na medição do potencial hídrico. Dessa forma, é possível obter uma avaliação mais precisa do status hídrico da planta e uma melhor comparação entre as diferentes técnicas utilizadas.

As folhas coletadas, completamente expandidas e isentas de pragas e doenças, foram avaliadas na câmara, aplicando-se pressão até que ocorresse a exsudação da seiva pelo corte feito no pecíolo da folha. A pressão necessária para que isso ocorra é uma medida direta do potencial hídrico da folha.

O potencial hídrico foliar é uma medida que indica o estado energético da água dentro de uma folha. Em termos mais simples, indica o quanto a água está “presa” ou “livre” para se mover dentro da planta. Quanto menor o valor do potencial hídrico, maior é a força com que a água está sendo retida pelos tecidos da folha.

O potencial hídrico foliar é um indicador do status hídrico da planta. Quando uma planta está sob estresse hídrico, ou seja, quando há falta de água disponível, esse potencial diminui significativamente. Isso ocorre porque a planta está perdendo água por transpiração e não consegue absorver água suficiente do solo para repor essa perda.

A análise da variação do potencial hídrico foliar em resposta às diferentes técnicas de manejo permite avaliar a eficiência dessas técnicas na manutenção de um bom status hídrico das plantas, mesmo em condições de menor disponibilidade hídrica (época mais seca do ano). As técnicas que proporcionam um potencial hídrico foliar mais elevado permitem que as plantas mantenham melhores condições hídricas, o que pode resultar em maior produtividade e qualidade do café.

Produtividade e qualidade sensorial do café

A colheita foi realizada em cada parcela experimental, quantificando-se os litros de café produzidos por parcela, considerando os frutos provenientes das quatro plantas úteis, para o cálculo da produtividade.

Após a realização da colheita, foram separados 7 L de café cereja, ou seja, frutos com maturidade fisiológica completa e coloração característica

(vermelha para a cultivar Mundo Novo e amarela para a cultivar Arara), sem a presença de frutos verdes. Os frutos maduros colhidos em cada parcela foram secos em peneiras próprias para essa finalidade, por meio do método de secagem em dobras de camadas (Borém, 2008). Após a secagem e posterior período de repouso de 60 dias, realizou-se a avaliação sensorial, seguindo as especificações de Lingle (2011), utilizando-se o protocolo padrão da Associação de Cafés Especiais (SCA — do inglês *Specialty Coffee Association*). A nota final foi obtida pelo somatório das notas de todos os atributos sensoriais avaliados.

Após a retirada do café cereja para a análise da bebida, os frutos restantes de cada parcela foram utilizados para avaliar a produtividade. O volume de cada parcela foi medido, e uma amostra de 2 L foi pesada. Após a secagem e o beneficiamento das amostras, os dados foram convertidos em sacas por hectare.

A produtividade é o indicador mais direto da eficiência das diferentes técnicas de manejo utilizadas, permitindo comparar o desempenho de cada tratamento e identificar aqueles que proporcionam os melhores resultados em termos de quantidade de grãos produzidos. Esse parâmetro está diretamente relacionado à viabilidade econômica da produção de café, sendo um dos principais fatores que influenciam a rentabilidade da atividade.

Por sua vez, a qualidade sensorial do café é um dos principais determinantes do valor comercial do produto, influenciando diretamente o preço pago ao produtor. A busca por cafés de alta qualidade tem impulsionado o desenvolvimento de técnicas de produção voltadas à melhoria da qualidade sensorial do café, permitindo aos produtores acessar mercados mais exigentes e obter melhores preços. Além disso, diversos fatores influenciam esse indicador, incluindo as condições climáticas, o manejo do cafezal e as práticas de colheita, processamento, secagem e armazenamento. A avaliação da qualidade sensorial, portanto, permite identificar quais técnicas de manejo proporcionam os melhores resultados quanto à qualidade da bebida do café.

Técnicas de manejo utilizadas

Foram avaliadas diversas técnicas de manejo provenientes dos experimentos 1 e 2 mencionados anteriormente, priorizando a sustentabilidade do processo e o uso eficiente da água.

Cobertura do Solo

Filme de polietileno

Essa técnica consiste na aplicação de um filme plástico dupla face (preto e branco), à base de polietileno, com largura de 1,60 m no experimento 1 e de 1,00 m no experimento 2 (Figura 1). O filme plástico foi instalado na linha de plantio, logo após o plantio do café, com a parte branca voltada para cima e a preta para baixo. Segundo recomendações do fabricante, a face preta tem a função de bloquear a passagem de luz e, conseqüentemente, impedir a emergência de plantas espontâneas. Já a face branca

reflete os raios solares, reduzindo o aquecimento do solo. Essa técnica ajuda a evitar a perda de água por evaporação e o crescimento de plantas espontâneas, além de manter a temperatura do solo mais uniforme, proporcionando um ambiente mais favorável para o desenvolvimento das raízes do cafeeiro.

Após a aplicação do filme de polietileno, suas laterais foram fixadas com a amontoa de terra. Para a aplicação de fertilizantes e condicionadores de solo sob o filme de polietileno, as laterais do plástico foram levantadas e, posteriormente, fixadas novamente. O filme foi removido quando a lavoura atingiu 3 anos de idade.



Figura 1. Cafeeiros conduzidos sob sistema de manejo do solo com filme de polietileno.

Braquiária

O consórcio do cafeeiro com a braquiária foi utilizado como uma alternativa sustentável para o manejo do solo (manejo ecológico da braquiária) (Figura 2). A braquiária (*Urochloa decumbens*), uma gramínea de cobertura, foi cultivada na entrelinha do cafeeiro, enquanto a linha de plantio foi mantida sempre coberta pelos resíduos vegetais provenientes da sua ceifa.

Logo após a demarcação dos sulcos de plantio, realizou-se a semeadura da braquiária a lanço, em uma faixa de 1,60 m na entrelinha do cafeeiro, de modo que se mantenha uma distância de 1,00 m da linha de plantio. Utilizou-se a quantidade de 10 kg ha⁻¹ de sementes de *Urochloa decumbens*. A ceifa da braquiária foi realizada sempre antes do seu florescimento, com roçadora mecânica, a fim de evitar a competição com o cafeeiro.

Posteriormente, a biomassa da braquiária foi colocada sob a copa do cafeeiro, com o auxílio de um rastelo, ocupando uma faixa de 1,00 m de distância de cada lado da linha de plantio. Para quantificar a biomassa da braquiária depositada sobre o solo na linha de plantio, foram coletadas amostras em cada unidade experimental do experimento 1. Logo após, determinou-se o peso fresco e estimou-se que, em média, 1,8 kg m⁻² de material vegetal da gramínea foi depositado após cada ceifa.

Essa prática proporciona diversos benefícios, como a melhoria da estrutura do solo, o aumento da matéria orgânica, a redução da erosão e a regulação da temperatura do solo. Além disso, a braquiária contribui para a fixação de nitrogênio atmosférico, aumentando a fertilidade do solo e reduzindo a necessidade de adubação nitrogenada.



Fotos: Dayse Toledo Castanheira.

Figura 2. Cafeeiros conduzidos sob sistema de manejo do solo com braquiária.

Manejo convencional

No manejo convencional sem cobertura vegetal, foi mantida uma faixa de 1,00 m de cada lado da linha de plantio sempre limpa, por meio de capinas e aplicações de herbicidas pós e pré-emergentes (Figura 3). O manejo da vegetação espontânea na entrelinha foi realizado por meio da utilização de roçadora mecânica.

Essa prática, embora eficiente no controle de plantas espontâneas, pode causar diversos impactos negativos ao meio ambiente, como a perda de matéria orgânica do solo, a compactação do solo, o aumento da erosão e a contaminação dos recursos hídricos. Além disso, o uso constante de herbicidas pode levar ao surgimento de plantas resistentes e aumentar os custos de produção.



Fotos: Dayse Toledo Castanheira.

Figura 3. Cafeeiros conduzidos sob sistema de manejo do solo convencional sem cobertura.

Recomendação da cobertura do solo

Umidade do solo e potencial hídrico foliar

A compreensão das relações entre a umidade do solo e o potencial hídrico foliar é fundamental para a escolha das técnicas de manejo adequadas a cada condição. Ao considerar simultaneamente esses dois parâmetros, é possível otimizar o uso da água e melhorar a produtividade das culturas.

A análise da umidade do solo nos quatro primeiros anos de cultivo evidenciou um efeito significativo das coberturas de solo na manutenção da umidade (Figuras 4 a 6). Tanto o filme de polietileno quanto a braquiária demonstraram maior eficiência em manter o solo úmido em comparação ao tratamento sem cobertura, especialmente na fase inicial de estabelecimento do cafeeiro. Essa fase é crucial para o desenvolvimento de um sistema radicular vigoroso e para garantir o vigor inicial das plantas,

demonstrando, assim, a importância de práticas de manejo voltadas à retenção de água no solo.

No entanto, a dinâmica da umidade do solo ao longo do tempo variou entre os experimentos. Enquanto, no experimento 1 (Figura 4), observou-se uma tendência de diminuição gradual da umidade na camada superficial (0–20 cm), no experimento 2 (Figuras 5 e 6) essa tendência foi menos pronunciada. Essa diferença pode ser atribuída a diversos fatores, como características do solo, condições climáticas, cultivares e o próprio desenvolvimento das plantas em cada experimento.

A redução da umidade na camada superficial, observada no experimento 1, indica que pode ter ocorrido o aprofundamento do sistema radicular em busca de água nas camadas mais profundas do solo. Além disso, as condições climáticas dos últimos anos, caracterizadas por um déficit hídrico mais acentuado, podem ter atuado sinergicamente, reduzindo a umidade nessa camada.

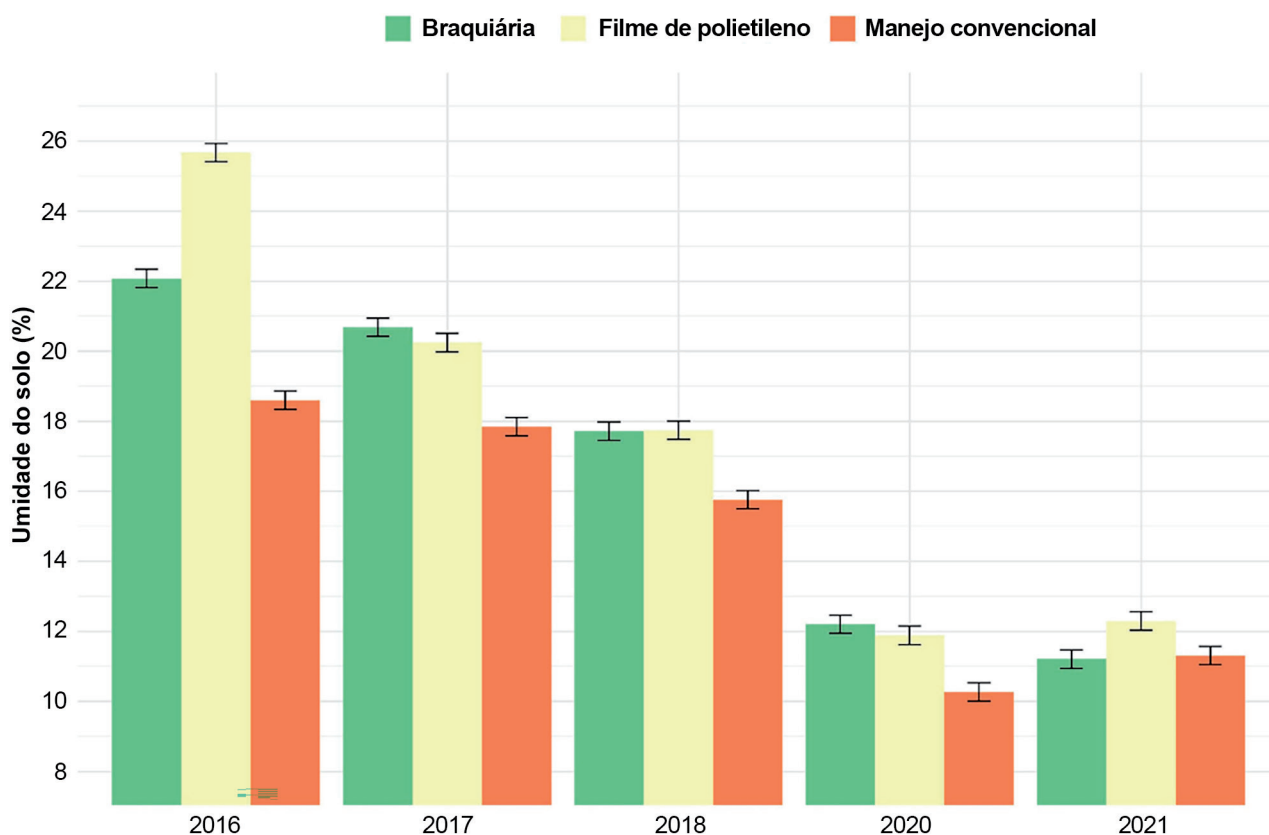


Figura 4. Umidade do solo (%) sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 1, conduzido ao longo de 5 anos (2016–2018 e 2020–2021) com a cultivar Mundo Novo 379-19.

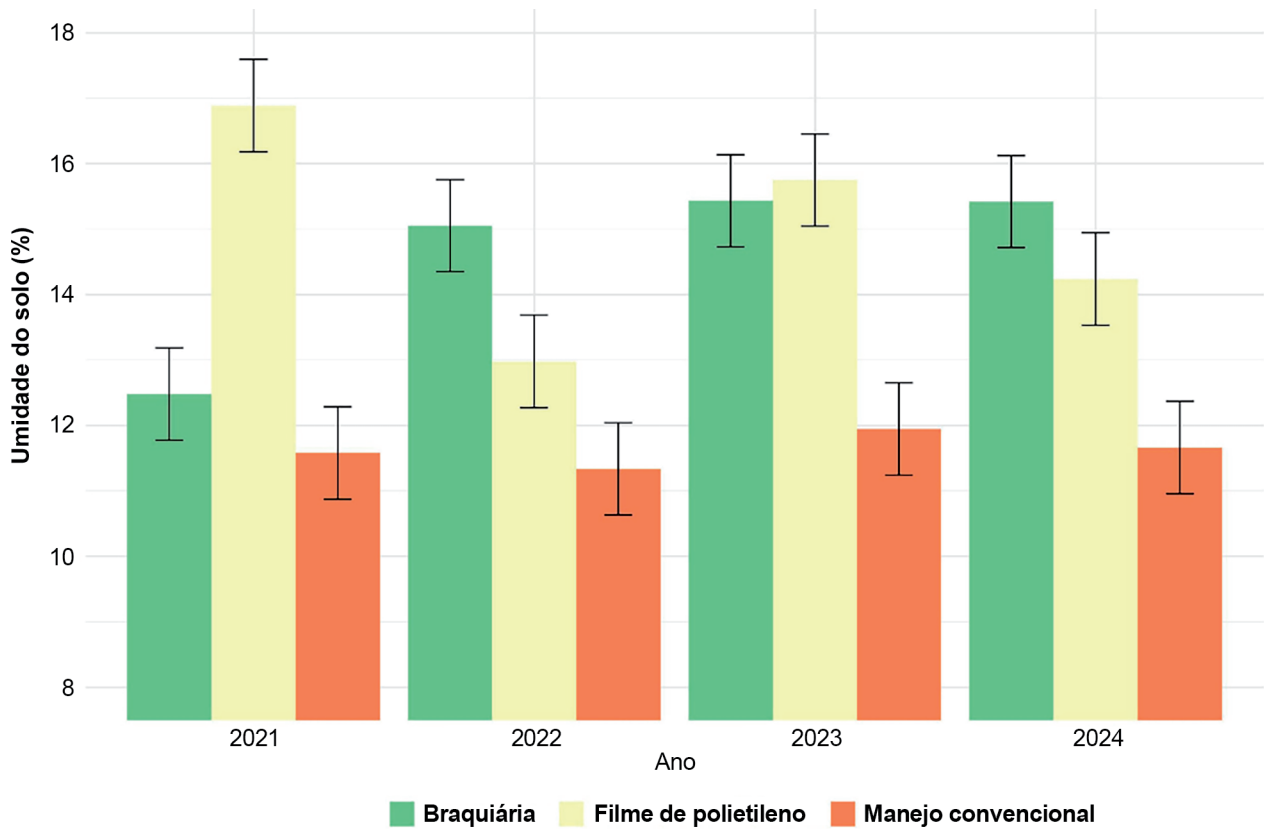


Figura 5. Umidade do solo (%) sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 1, conduzido ao longo de 4 anos (2021–2024) com a cultivar Mundo Novo 376-4.

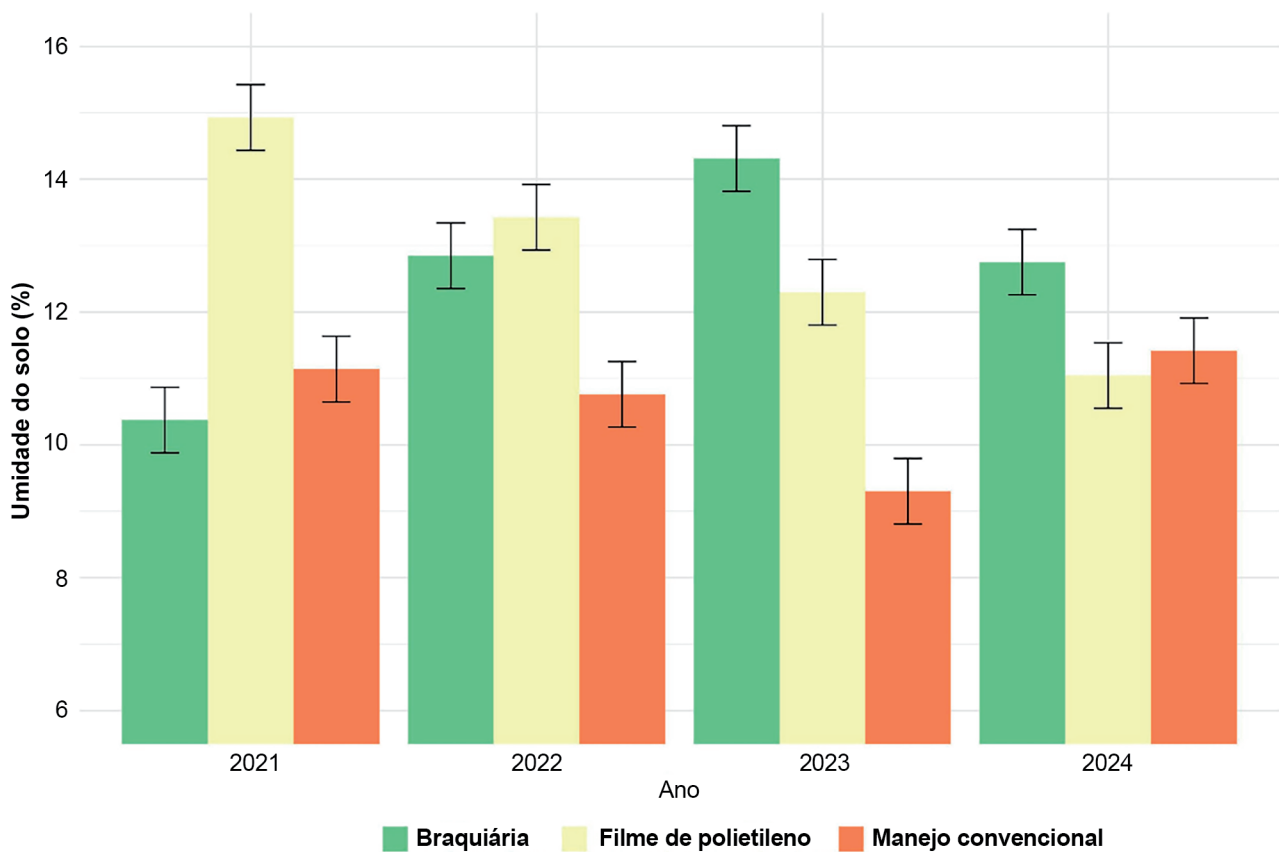


Figura 6. Umidade do solo (%) do cafeeiro sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 2, conduzido ao longo de 4 anos (2021–2024) com a cultivar Arara.

A dinâmica de redução de umidade do solo ao longo dos anos, especialmente na camada superficial, é corroborada pela análise do potencial hídrico foliar (Figuras 7 a 9), que apresentou uma tendência de aumento ao longo dos anos, indicando que as plantas desenvolveram mecanismos fisiológicos para otimizar a utilização da água disponível no solo, mesmo em condições de menor umidade na superfície.

A combinação desses resultados sugere que as plantas de café possuem alta capacidade de adaptação às condições hídricas variáveis do solo. À medida que as plantas se desenvolvem e aprofundam suas raízes, tornam-se mais eficientes em explorar camadas mais profundas do perfil do solo, onde a água pode estar mais disponível, especialmente durante períodos de seca. No entanto, é importante ressaltar que a manutenção da umidade do solo na

fase inicial de desenvolvimento é crucial para garantir um bom estabelecimento das plantas e um crescimento vigoroso. A análise do potencial hídrico foliar no primeiro ano reforça essa observação: tanto no experimento 1 (Figura 7) quanto no experimento 2 com a cultivar Arara (Figura 9), o manejo convencional sem cobertura apresentou valores significativamente menores. Isso indica que a falta de um manejo adequado do solo pode comprometer o status hídrico das plantas nessa fase crítica.

Os resultados apresentados demonstram a importância da manutenção da umidade do solo, especialmente nos primeiros anos de cultivo do cafeeiro. A escolha de práticas de manejo adequadas, como a utilização de coberturas do solo, pode contribuir para a otimização do uso da água e para o aumento da produtividade e sustentabilidade do sistema cafeeiro.

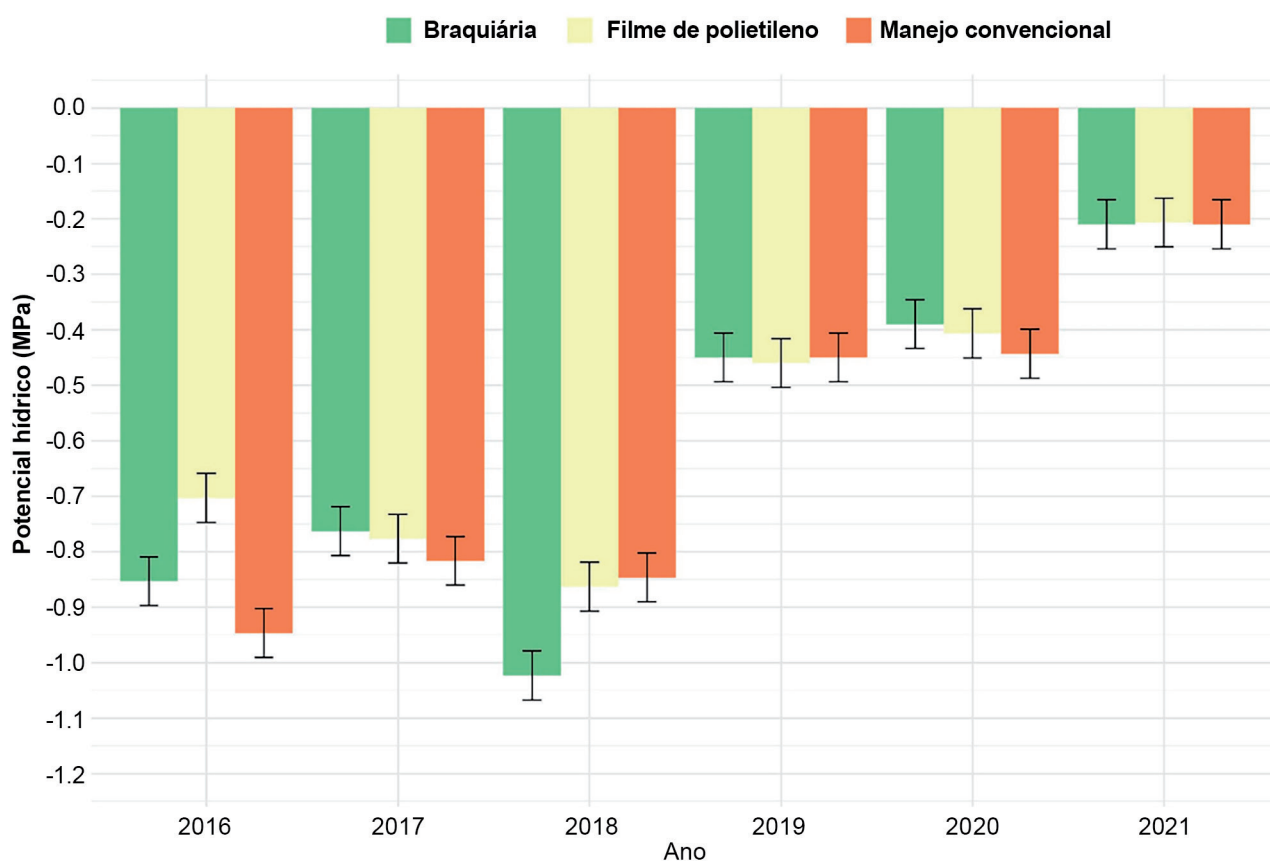


Figura 7. Potencial hídrico foliar (MPa) do cafeeiro sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 1, conduzido ao longo de 6 anos (2016–2021) com a cultivar Mundo Novo 379-19.

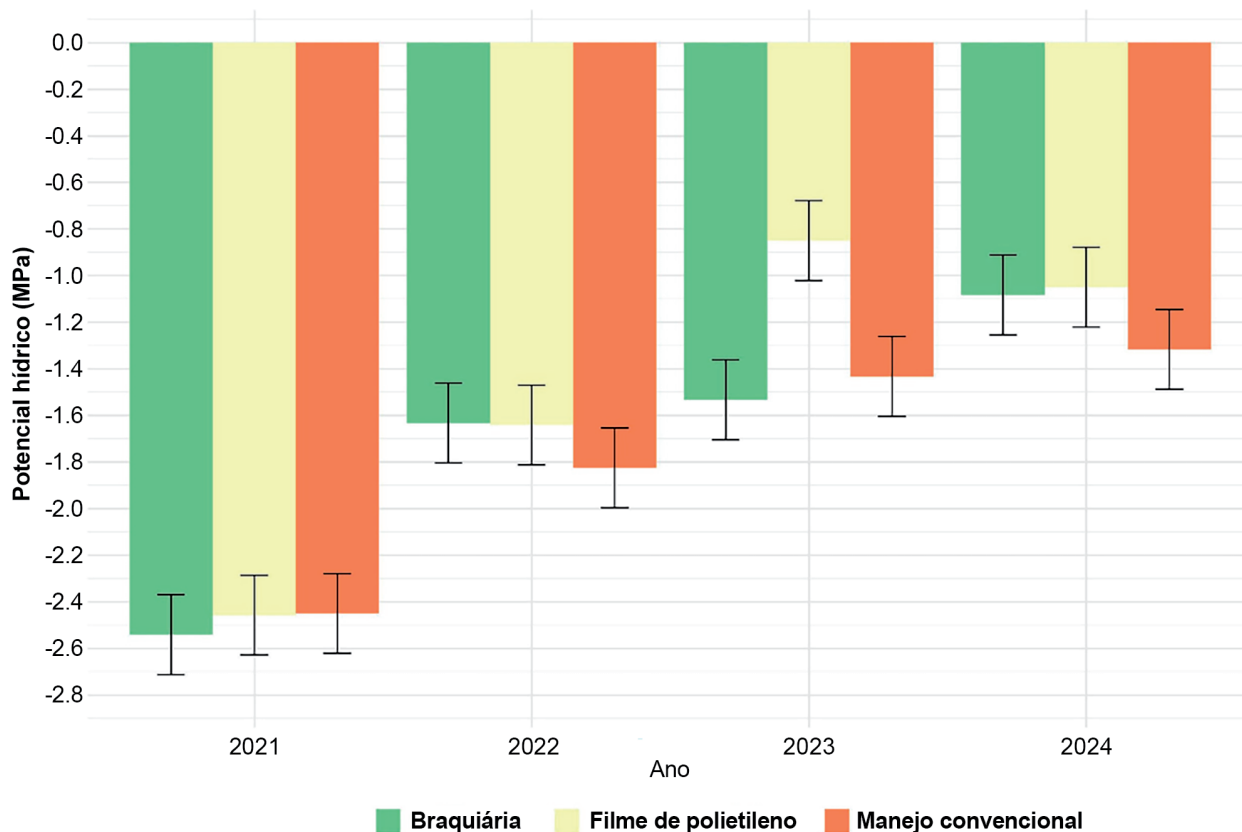


Figura 8. Potencial hídrico foliar (MPa) do cafeeiro sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 2, conduzido ao longo de 4 anos (2021–2024) com a cultivar Mundo Novo 376-4.

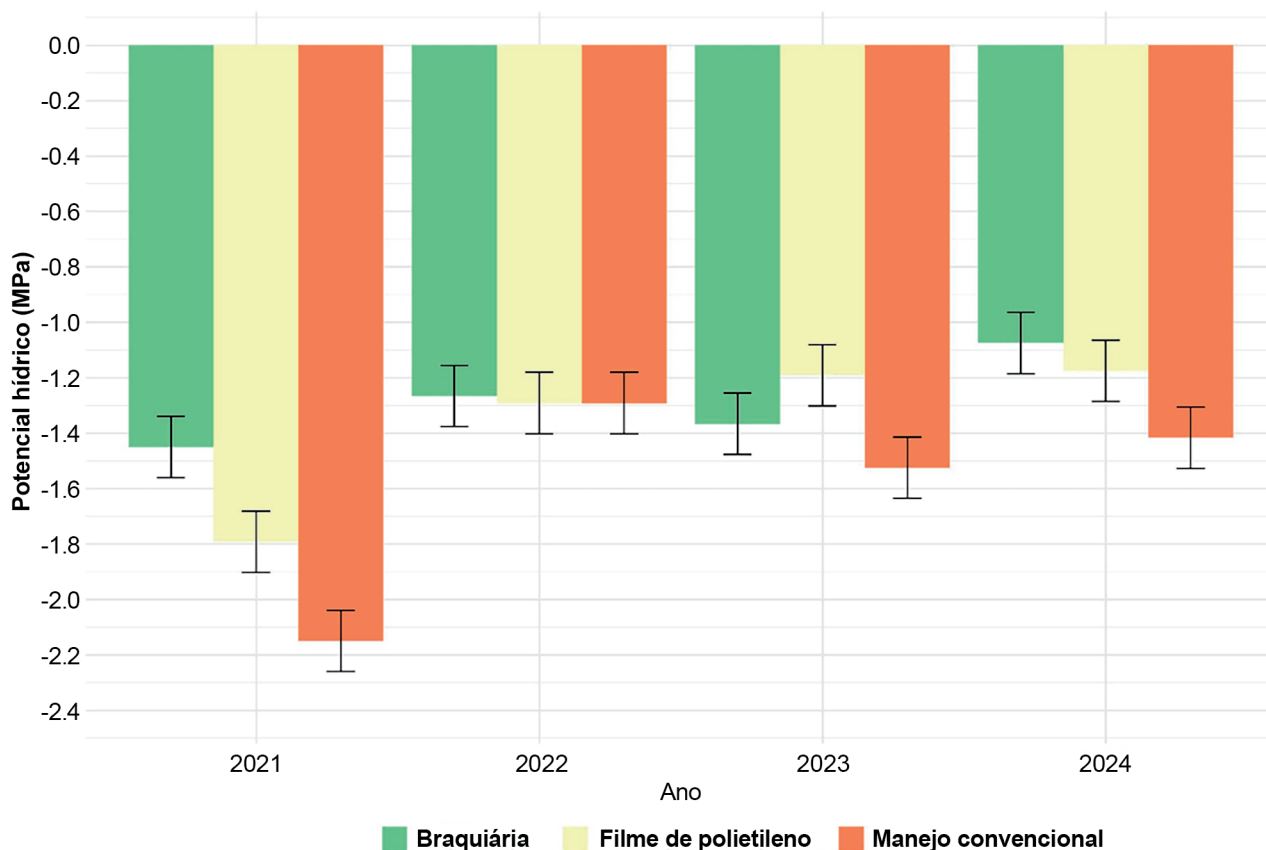


Figura 9. Potencial hídrico foliar (MPa) do cafeeiro sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 2, conduzido ao longo de 4 anos (2021–2024) com a cultivar Arara.

Produtividade e qualidade sensorial

A análise da produtividade do cafeeiro cultivado sob diferentes manejos de cobertura do solo revelou resultados consistentes (Figuras 10 e 11). No experimento 1 (Figura 10), a cultivar Mundo Novo 379-19, conduzida sob cobertura com braquiária, apresentou a maior produtividade média (44,39 sacas por hectare), superando os tratamentos com cobertura de filme de polietileno (29,72 sacas por hectare) e o manejo convencional sem cobertura (32,6 sacas por hectare). Resultados semelhantes foram observados no experimento 2 para a cultivar Arara (Figura 11), em que a braquiária também se destacou em termos de produtividade (47,97 sacas por hectare), em comparação ao manejo convencional sem cobertura (40,78 sacas por hectare).

A superioridade da braquiária em termos de produtividade pode ser atribuída à sua capacidade de manter a umidade do solo em níveis mais elevados, sobretudo nos primeiros anos de cultivo, e de melhorar

a qualidade do solo, aumentando a matéria orgânica, a infiltração de água e a atividade biológica. Esses benefícios favorecem o desenvolvimento do cafeeiro como um todo, especialmente do sistema radicular, o que, por sua vez, aumenta a capacidade das plantas de absorver água e nutrientes, mesmo em condições de déficit hídrico. Além disso, a cobertura vegetal viva da braquiária contribui para a regulação da temperatura do solo e reduz a perda de água por evaporação.

É importante destacar que a resposta das diferentes cultivares às coberturas do solo em relação à produtividade do cafeeiro pode variar. No caso da cultivar Mundo Novo 376-4 (Figura 11), o tratamento com cobertura de filme de polietileno apresentou maior produtividade média (39,46 sacas por hectare) em comparação ao tratamento com braquiária (34,96 sacas por hectare). Essa variação pode estar relacionada a características genéticas específicas de cada cultivar, como a profundidade de exploração do sistema radicular e a tolerância à seca.

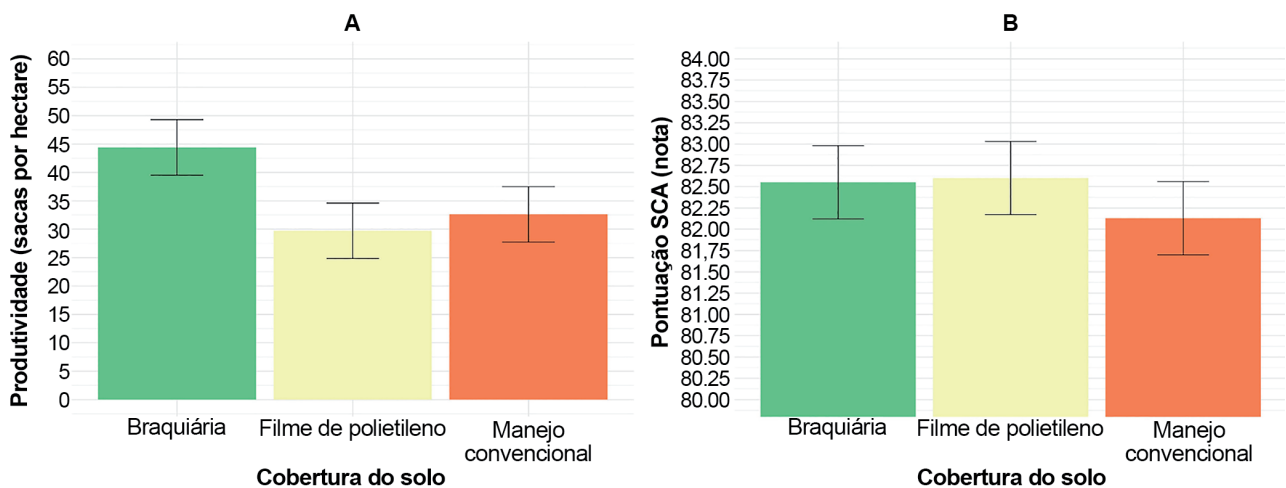


Figura 10. (A) Produtividade (sacas por hectare) e (B) qualidade sensorial (pontuação SCA — nota) do café sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 1, conduzido ao longo de 4 anos (2018–2021) com a cultivar Mundo Novo 379-19.

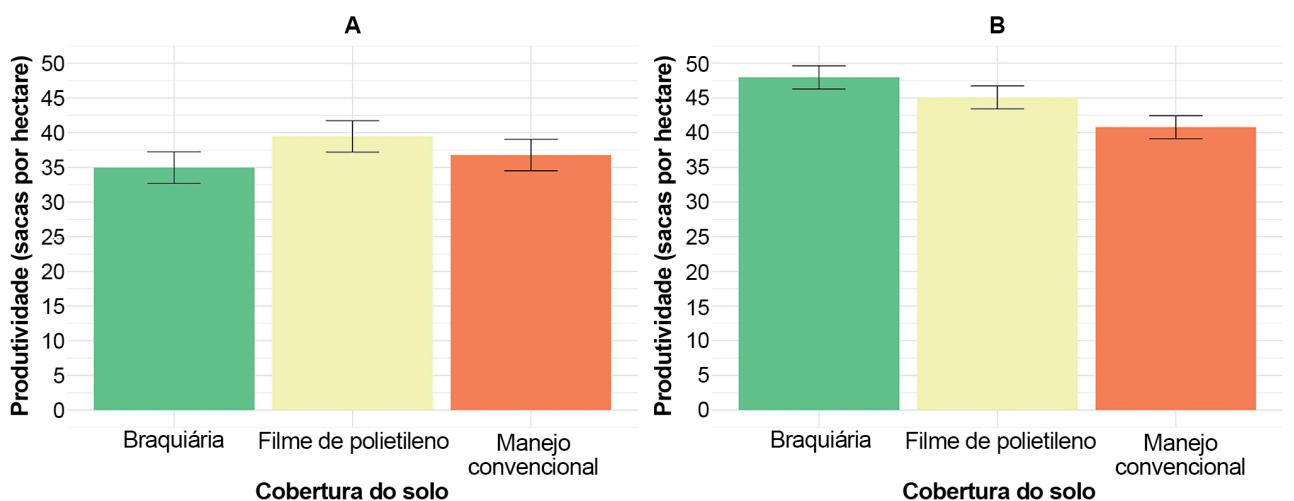


Figura 11. Produtividade (sacas por hectare) do cafeeiro sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 2, conduzido ao longo de 2 anos (2023–2024) com as cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B).

A avaliação da qualidade sensorial do café (Figuras 10 e 12), expressa pela pontuação SCA, revelou resultados homogêneos entre os diferentes tratamentos de cobertura do solo. As médias obtidas para as cultivares Mundo Novo 379-19

(nota 82,43), Mundo Novo 376-4 (nota 82,54) e Arara (nota 83,56) foram bastante próximas, o que indica que os diferentes manejos não influenciaram significativamente a percepção sensorial da bebida.

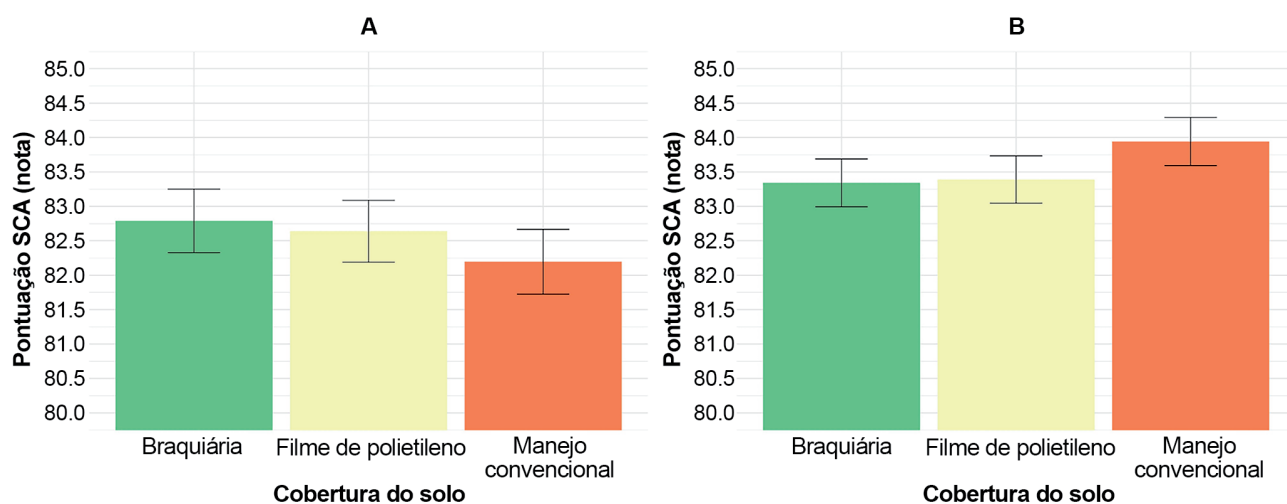


Figura 12. Qualidade sensorial (pontuação SCA — nota) do café sob diferentes coberturas (braquiária, filme de polietileno e manejo convencional sem cobertura), no experimento 2, conduzido ao longo de 2 anos (2023–2024) com as cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B).

É interessante notar que, em alguns casos, o tratamento em que se utilizou a braquiária como cobertura do solo proporcionou maior produtividade, mas a qualidade sensorial do café não foi alterada. Isso sugere que a melhoria da qualidade do solo proporcionada pela braquiária, com o aumento da matéria orgânica e da atividade biológica, beneficiou principalmente a produção vegetal, sem alterar diretamente as características sensoriais da bebida.

Fertilizantes

Para o estudo dos fertilizantes, foram utilizadas duas diferentes tecnologias para o fornecimento de nitrogênio (N) e potássio (K) às plantas. As adubações foram realizadas com base nos resultados da análise de solo e nas necessidades nutricionais do cafeeiro, conforme descrito por Guimarães et al. (1999).

Logo após o plantio, aplicaram-se 10 g de N e 10 g de K_2O por planta. Na adubação de 1º ano pós-plantio, a adubação consistiu na aplicação de 30 g de N e 10 g de K_2O por planta. Ressalta-se que as doses de cada tipo de fertilizante foram ajustadas de forma que a quantidade de nutrientes fornecida às plantas fosse a mesma, diferenciando-se apenas quanto à forma de aplicação.

Convencional

O fertilizante convencional foi composto pelo formulado 20-00-20, com complemento, quando necessário, de ureia convencional (45% de N). A aplicação foi realizada de forma parcelada, em cobertura, aos 30 e 60 dias após o plantio. Na adubação de 1º ano pós-plantio, a dose recomendada foi dividida em três aplicações, com intervalos de 45 dias, sendo a primeira realizada em novembro. Para o 2º ano após o plantio, as doses foram calculadas para cada parcela (Guimarães et al., 1999) e aplicadas em três parcelamentos (novembro, dezembro e fevereiro), também com intervalos de 45 dias entre cada aplicação.

Os fertilizantes minerais convencionais, como o NPK, aplicados de forma parcelada ao longo do ciclo da cultura, fornecem os nutrientes nitrogenados, fósforo (P) e K de forma imediata ao solo. Essa forma de adubação é amplamente utilizada na agricultura, sendo fácil de aplicar e de encontrar no mercado. No entanto, a aplicação de fertilizantes convencionais pode levar à perda de nutrientes por lixiviação e volatilização, reduzindo a eficiência de utilização e aumentando o custo de produção. Além disso, o uso excessivo de fertilizantes minerais pode causar problemas ambientais, como a contaminação de águas subterrâneas e a eutrofização de corpos d'água.

Liberação controlada

O fertilizante de liberação controlada utilizado foi composto por dois produtos comerciais: ureia (37% de N) revestida por partículas de enxofre elementar e uma camada de polímeros orgânicos; cloreto de potássio (52 % K_2O) também revestido com partículas de enxofre elementar e uma camada de polímeros orgânicos. A aplicação foi realizada de forma única, 4 dias após o plantio, em covetas laterais com 5 cm de profundidade. A adubação de 1º ano pós-plantio foi realizada em novembro. Para o 2º ano após o plantio, as doses foram calculadas para cada parcela (Guimarães et al., 1999) e aplicadas uma única vez, em novembro.

Os fertilizantes de liberação controlada possuem revestimentos que controlam a liberação dos nutrientes de forma gradual e prolongada, adaptando-se às necessidades das plantas ao longo do ciclo da cultura. A utilização desses fertilizantes permite maior eficiência no uso dos nutrientes, reduzindo as perdas por lixiviação e volatilização. Além disso, a aplicação é realizada em menor frequência, e isso reduz os custos de aplicação e o impacto ambiental, otimizando a nutrição das plantas.

Recomendação de fertilizantes

A análise da produtividade e da qualidade sensorial do cafeeiro, submetido a diferentes tratamentos de adubação, no período de 2018 a 2021 pode ser observada na Figura 13.

Ao comparar o fertilizante convencional com o de liberação controlada, não foi observada diferença estatística significativa em relação à qualidade sensorial, com notas médias de 82,36 e 82,49, respectivamente. No entanto, quanto à produtividade, o fertilizante de liberação controlada apresentou uma tendência de maior produção (média de 37,65 sacas por hectare), em comparação ao convencional (33,50 sacas por hectare).

Embora a diferença em produtividade não tenha sido estatisticamente significativa, a tendência observada sugere que o fertilizante de liberação controlada pode oferecer vantagens em relação ao convencional. A liberação gradual dos nutrientes proporcionada por esses fertilizantes pode otimizar a nutrição da planta e, assim, reduzir perdas por lixiviação e volatilização e garantir um suprimento mais constante de nutrientes ao longo do ciclo da cultura.

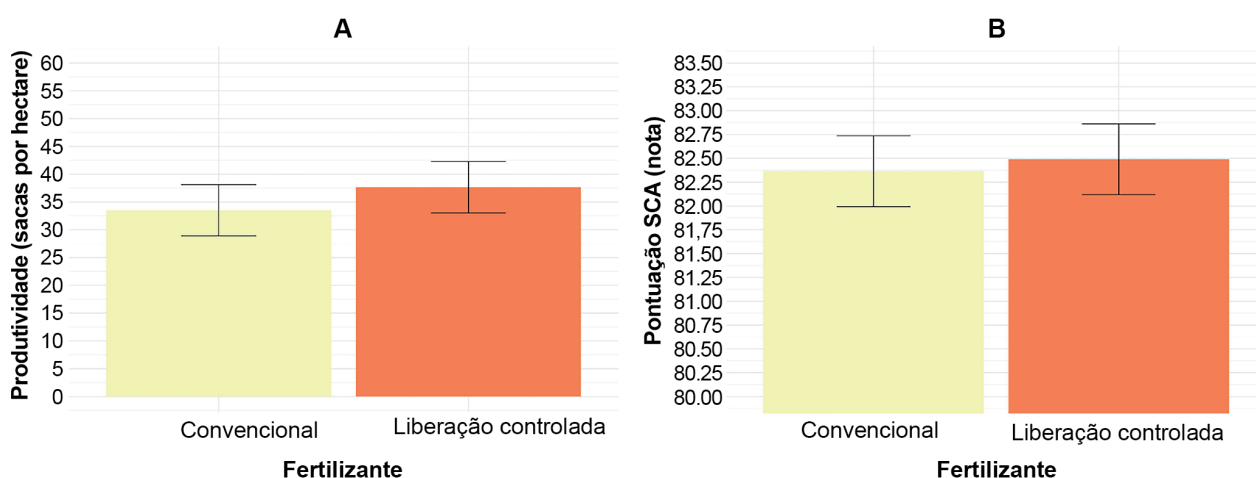
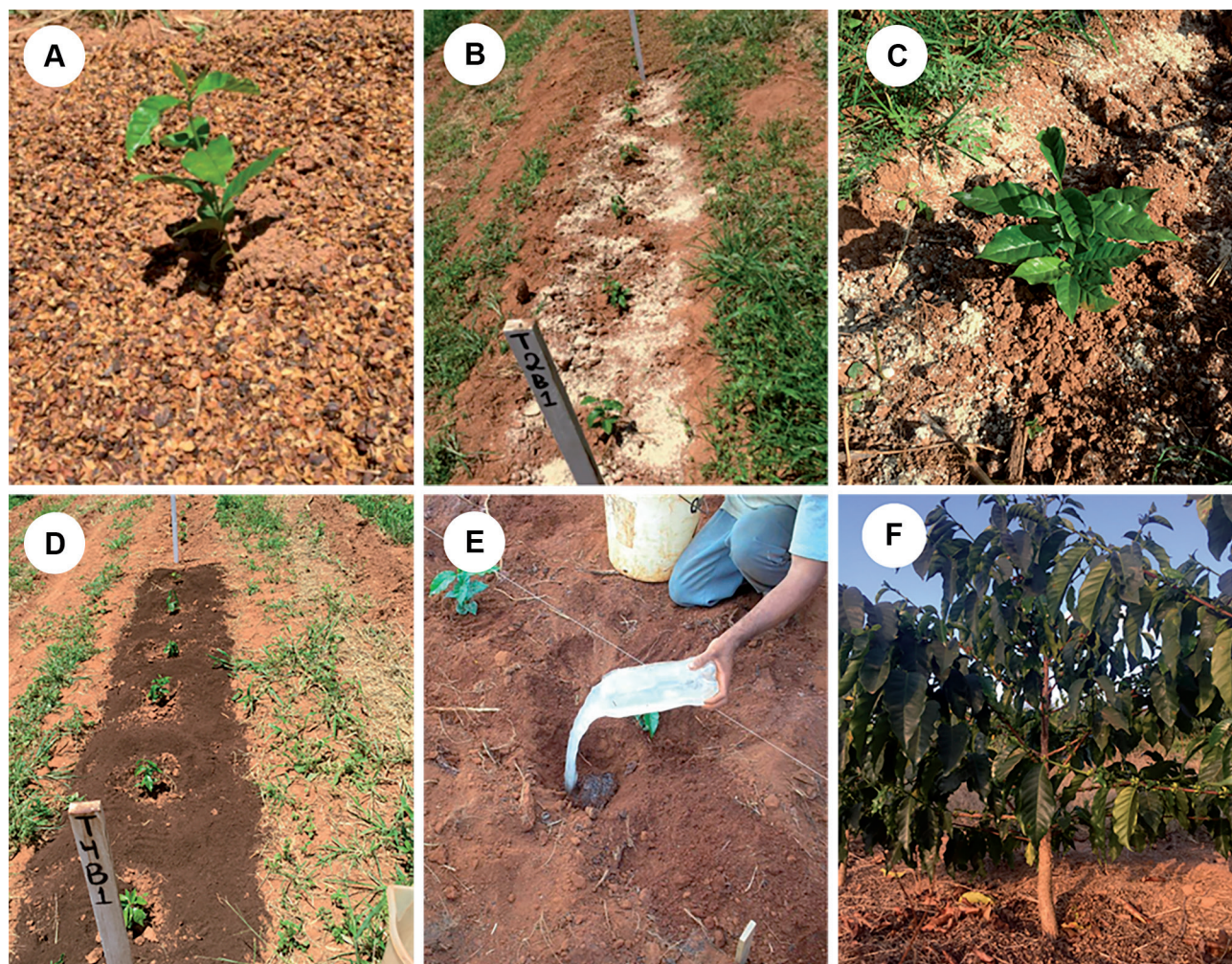


Figura 13. (A) Produtividade (sacas por hectare) e (B) qualidade sensorial (pontuação SCA — nota) do café em diferentes fontes de fertilizantes (convencional e liberação controlada), no experimento 1, conduzido ao longo de 4 anos (2018–2021) com a cultivar Mundo Novo 379-19.

Os produtores de café devem avaliar a possibilidade de uso de fertilizantes de liberação controlada em suas lavouras, considerando o custo-benefício, as características do solo, as condições edafoclimáticas e o manejo da adubação. Além disso, é importante realizar um planejamento cuidadoso da adubação, com base nas características específicas de cada propriedade, e buscar orientação de um técnico agrícola.

Condicionadores de solo

A aplicação dos condicionadores de solo — casca de café, gesso agrícola, composto orgânico e biochar — foi realizada em cobertura, na projeção da copa do cafeeiro, logo após o plantio (Guimarães et al., 1999). O polímero hidrorretentor foi aplicado em cada cova na ocasião do plantio. Todos os condicionadores foram reaplicados anualmente, sempre no mês de outubro. A Figura 14 ilustra alguns dos condicionadores utilizados.



Fotos: Dalysse Toledo Castanheira.

Figura 14. Cafeeiros conduzidos sob diferentes condicionadores de solo: casca de café (A e F), gesso agrícola (B e C), composto orgânico (D) e polímero hidrorretentor (E).

Casca de café

A casca de café, proveniente do processo de beneficiamento do café processado por via seca, foi aplicada na dose de 10 L por planta, distribuída uniformemente.

Esse resíduo da indústria cafeeira foi utilizado como condicionador orgânico de solo. Ao ser incorporada ao solo, a casca de café melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e fornece nutrientes essenciais para as plantas, como N, P e K. Além disso, a casca de café pode promover o crescimento de microrganismos benéficos ao solo, como bactérias e fungos, que auxiliam na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes.

Gesso agrícola

O gesso agrícola foi aplicado na dose de 300 g m⁻² (experimento 1) e 500 g m⁻² (experimento 2), conforme recomendação fundamentada nos resultados da

análise de solo na faixa de 20 a 40 cm, sendo a dose calculada com base na textura do solo. O produto utilizado apresentava 18% de cálcio (Ca) e 15% de enxofre (S).

O gesso agrícola foi utilizado para corrigir a acidez do solo e melhorar a estrutura. Ao reagir com o solo, o gesso libera Ca e S, que ajudam a neutralizar a acidez, melhorar a agregação do solo e aumentar a disponibilidade de outros nutrientes para as plantas. Além disso, o gesso pode melhorar a infiltração da água no solo e reduzir a erosão.

Polímero hidrorretentor

Para utilização do polímero hidrorretentor, foi preparada a solução na proporção de 1,5 kg do produto em 400 L de água, permanecendo em repouso por 30 minutos para a completa hidratação. Posteriormente, foram aplicados 1,5 L da solução em cada cova de plantio, incorporando o polímero ao solo (Pieve et al., 2013).

O polímero hidrorretentor é um produto que tem a capacidade de absorver grandes quantidades de água e liberá-la gradualmente para as plantas. Ao ser aplicado no solo, o polímero pode aumentar a capacidade de retenção de água, reduzir a frequência de irrigação e diminuir o estresse hídrico das plantas, especialmente em períodos de seca.

Composto orgânico

O composto orgânico utilizado foi um produto comercial contendo resíduos de fazendas e de indústrias alimentícias. Foi produzido por meio da compostagem de esterco de aves de postura e maravalha de eucalipto, sendo aplicado em cobertura tanto no momento do plantio quanto durante o primeiro ano da cultura. A dose aplicada foi de 10 L de composto orgânico por planta, distribuídos uniformemente.

Esse composto, produzido a partir de resíduos orgânicos, contribui para melhorar a fertilidade do solo e a atividade biológica. Além disso, fornece nutrientes para as plantas, melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e promove o crescimento de microrganismos benéficos.

Biochar

O biochar é um carvão vegetal produzido a partir da pirólise de matéria-prima, ou seja, da degradação térmica do material orgânico na ausência parcial ou total de oxigênio, em altas temperaturas. Esse processo resulta em um material carbonizado altamente resistente à decomposição. O biochar utilizado neste estudo foi produzido a partir da pirólise de biomassa vegetal. No 2º ano após o plantio, a biomassa utilizada foi proveniente de restos de poda de cafeeiro; já a partir do terceiro ano, a matéria-prima empregada foi a casca de café.

A dose de biochar aplicada foi de 1,00 L por planta, distribuída uniformemente na projeção da copa. A aplicação anual foi realizada a partir do 2º ano pós-plantio após a adubação, no início do período chuvoso (entre outubro e novembro).

O biochar foi utilizado com o objetivo de melhorar a fertilidade do solo ao longo do tempo, aumentar a retenção de água no solo, melhorar a condição da microbiota e as propriedades químicas e físicas do solo. Além disso, o biochar pode contribuir para a retenção de carbono no solo. Com isso, seu retorno à atmosfera na forma de CO₂ é retardado e isso pode reduzir a emissão de gases do efeito estufa.

Recomendação de condicionadores de solo

A umidade do solo variou de acordo com o tipo de condicionador e a cultivar utilizada. Para a cultivar Mundo Novo 379-19 (experimento 1), o gesso e o polímero hidrorretentor, em geral, resultaram em menor umidade superficial do solo em comparação aos demais tratamentos (Figura 15). No segundo experimento, no qual se utilizou a cultivar Mundo Novo 376-4, a aplicação de gesso não resultou em diferenças significativas na umidade do solo em relação aos outros condicionadores testados (Figura 16). No entanto, a umidade do solo nos tratamentos com gesso foi inferior à observada no tratamento sem a adição de qualquer condicionador. Para a cultivar Arara, o comportamento foi diferente: a menor umidade do solo foi encontrada no tratamento em que nenhum condicionador foi aplicado (Figura 16). Isso sugere que, para essa cultivar específica, a adição de qualquer um dos condicionadores testados contribuiu para a retenção de umidade no solo. Cabe ressaltar que a cultivar Arara apresentou os menores valores médios de umidade do solo (12,33%) quando comparada às cultivares Mundo Novo 376-4 (14,11%) e Mundo Novo 379-19 (16,55%), sugerindo maior eficiência no uso da água.

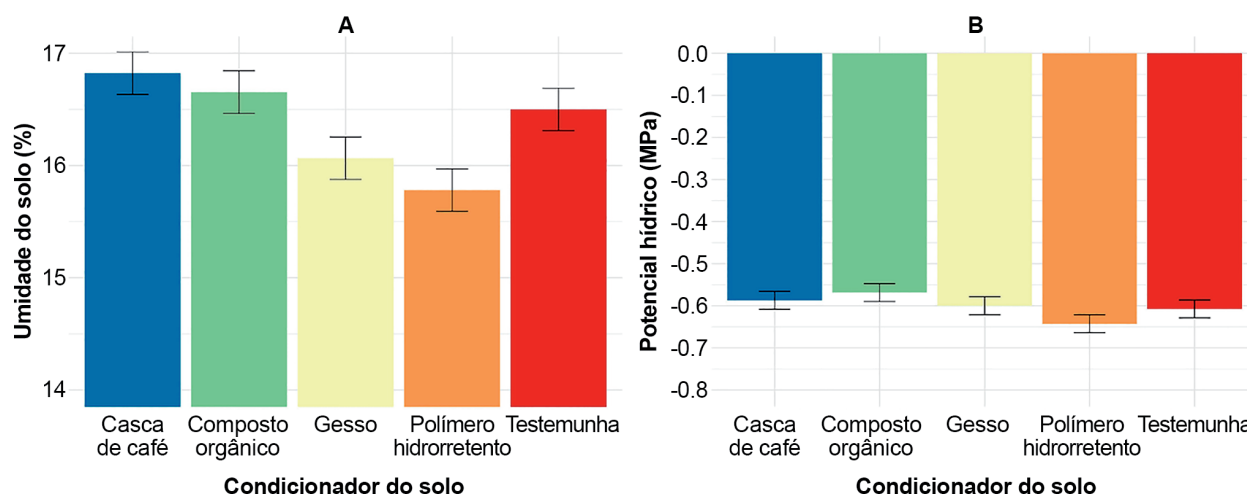


Figura 15. (A) Umidade do solo (%) e (B) potencial hídrico foliar (MPa) do café em diferentes condicionadores de solo (casca de café, composto orgânico, gesso, polímero hidrorretentor e testemunha), no experimento 1, conduzido ao longo de 5 anos (2016–2018 e 2020–2021) com a cultivar Mundo Novo 379-19.

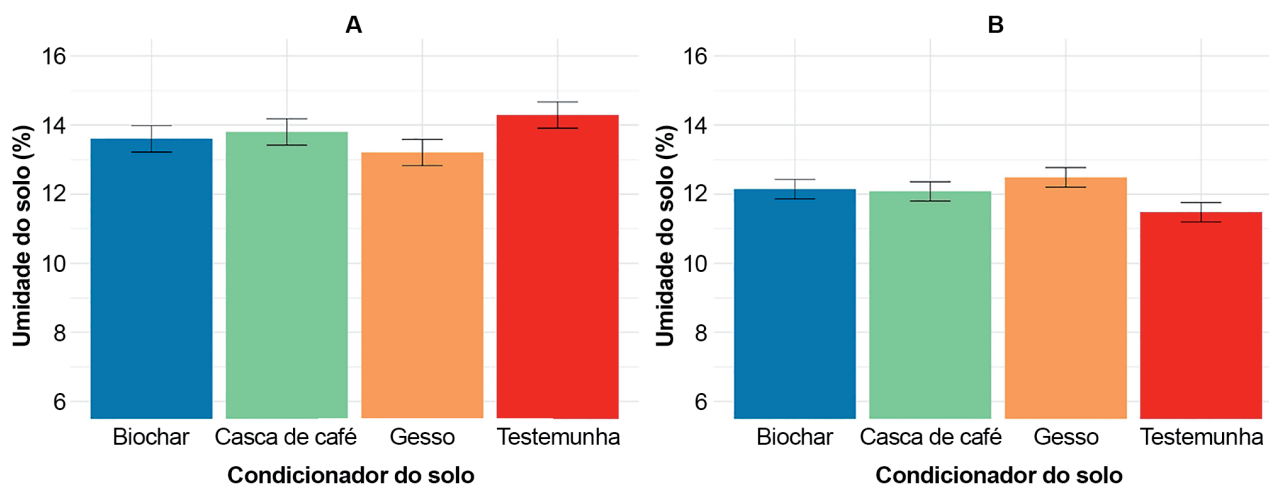


Figura 16. Umidade do solo (%) do cafeeiro em diferentes condicionadores de solo (biochar, casca de café, gesso e testemunha), no experimento 2, conduzido ao longo de 4 anos (2021–2024) com as cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B).

Ao analisar o potencial hídrico foliar da cultivar Mundo Novo 379-19 no primeiro experimento (Figura 15), observa-se que o tratamento com polímero hidrorretentor apresentou os menores valores (-0,64 MPa). Em contraste, os tratamentos com casca de café (-0,57 MPa) e composto orgânico (-0,59 MPa) apresentaram valores ligeiramente mais elevados. Embora sejam encontradas diferenças significativas entre esses tratamentos, na prática esses valores são bastante próximos e indicam que as plantas não estavam sob um estresse hídrico severo.

No caso da cultivar Arara, experimento 2, os valores de potencial hídrico foliar foram bastante semelhantes entre os diferentes tratamentos, com uma média de -1,40 MPa (Figura 17). Isso indica que houve maior homogeneidade em sua resposta ao status hídrico do solo. Essa constância sugere que a cultivar Arara possui mecanismos fisiológicos que lhe permitem se adaptar de forma mais eficaz a diferentes condições de umidade, demonstrando maior tolerância a variações no suprimento hídrico e maior estabilidade no seu desempenho produtivo em diferentes condições

de umidade do solo. Essa característica é desejável em cultivares de café, pois confere maior segurança ao produtor, reduzindo o risco de perdas por déficit hídrico.

Para a cultivar Mundo Novo 376-4 (Figura 17), o tratamento com casca de café apresentou um potencial hídrico foliar de -1,30 MPa. Os demais tratamentos resultaram em valores mais baixos: sem condicionador (-1,65 MPa), gesso (-1,69 MPa) e biochar (-1,96 MPa). Esses resultados indicam que a casca de café pode ter proporcionado um ambiente radicular mais úmido para essa cultivar, reduzindo o estresse hídrico.

A observação de valores médios de potencial hídrico foliar mais negativos (-1,65 MPa) no experimento 2 em comparação ao experimento 1 (-0,60 MPa) sugere que as plantas do experimento 2 estavam sob maior estresse hídrico. Essa diferença pode ser resultado de uma combinação de fatores, incluindo condições climáticas mais adversas, características do solo, estágio fenológico das plantas e até mesmo diferenças genéticas entre as cultivares utilizadas nos dois experimentos.

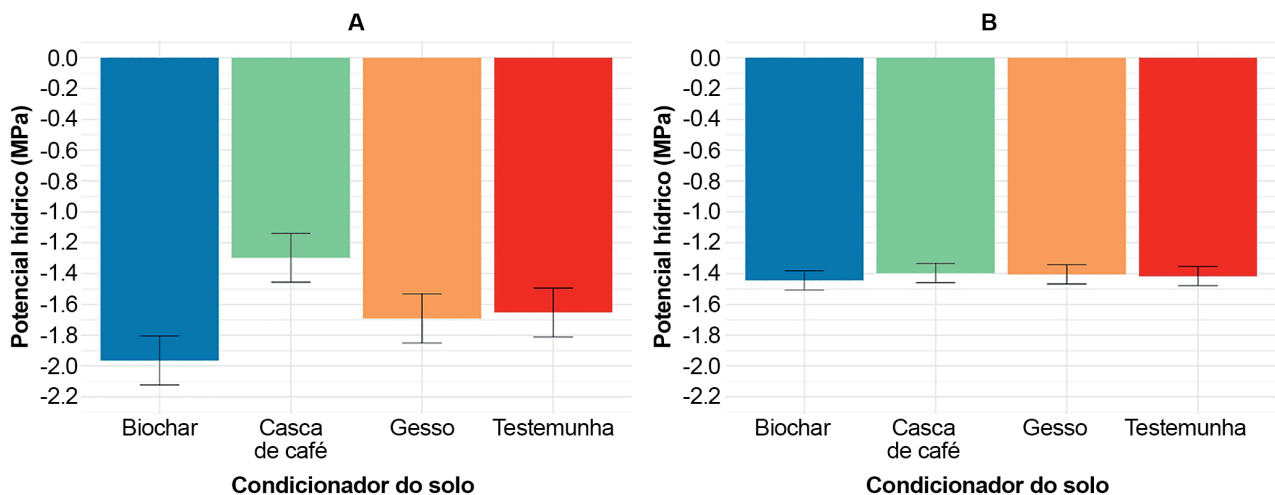


Figura 17. Potencial hídrico foliar (MPa) do cafeeiro em diferentes condicionadores de solo (biochar, casca de café, gesso e testemunha), no experimento 2, conduzido ao longo de 4 anos (2021-2024) com as cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B).

Ao analisar a produtividade da cultivar Mundo Novo 379-19 ao longo de 4 anos (Figura 18), observou-se que os tratamentos com composto orgânico e casca de café se destacaram (médias de 49,51 e 47,20 sacas por hectare, respectivamente). Esses resultados indicam que a aplicação desses materiais orgânicos pode ter proporcionado um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas, como melhoria da estrutura do solo, maior retenção de água e nutrientes, além do estímulo à atividade microbiana, resultando em maiores produções.

Por sua vez, o uso de gesso como condicionador de solo levou a uma produtividade média de 36,30 sacas por hectare, enquanto os tratamentos com polímero hidrorretentor e sem condicionador apresentaram valores ainda menores, de 29,94 e 31,66 sacas por hectare, respectivamente. Embora não tenhamos encontrado diferenças significativas entre o tratamento sem condicionador e o uso de gesso, a diferença de 5 sacas por hectare pode representar um aumento significativo na renda do

produtor, especialmente quando se considera a área cultivada. Dessa forma, o gesso pode ter contribuído para a correção de deficiências nutricionais e para a melhoria da aeração do solo.

Quanto à qualidade sensorial, observou-se um padrão inverso ao da produtividade (Figura 18). Os tratamentos com polímero hidrorretentor e sem condicionador tiveram destaque por apresentarem pontuações médias próximas de 83 pontos. Os demais tratamentos apresentaram pontuações ligeiramente inferiores, em torno de 82 pontos. Embora a diferença de apenas um ponto possa parecer pequena, ela pode ser crucial para a classificação do café como especial e, conseqüentemente, para a obtenção de preços mais elevados no mercado.

A relação entre produtividade e qualidade sensorial do café pode ser inversamente proporcional, ou seja, um aumento na produção pode levar à diminuição na qualidade da bebida, devido à alocação de recursos da planta para a produção de frutos, em detrimento da produção de compostos que conferem aroma e sabor.

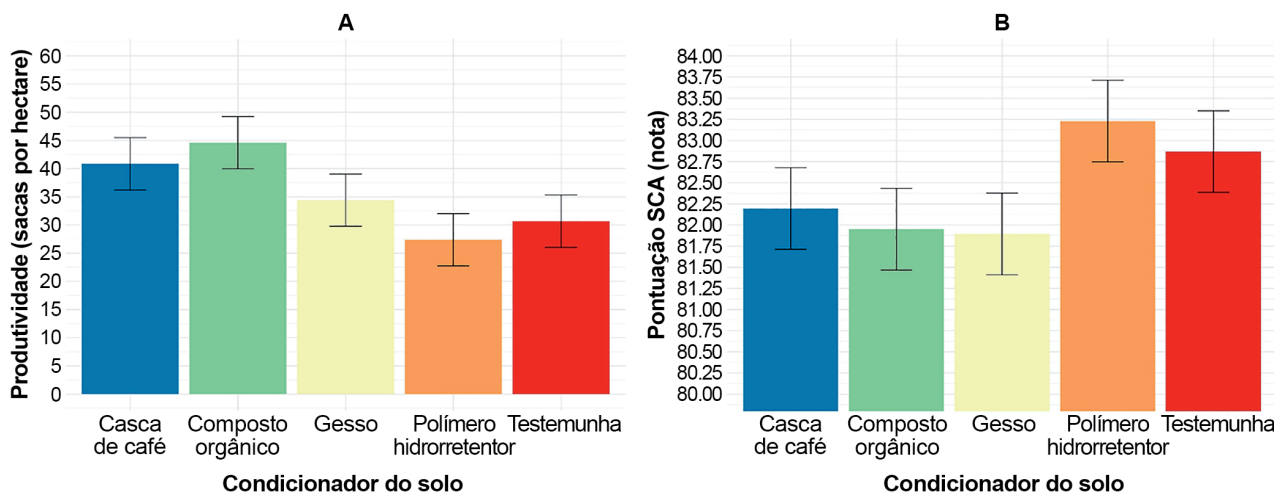


Figura 18. (A) Produtividade (sacas por hectare) e (B) qualidade sensorial (pontuação SCA — nota) do café em diferentes condicionadores de solo (casca de café, composto orgânico, gesso, polímero hidrorretentor e testemunha), no experimento 1, conduzido ao longo de 4 anos (2018–2021) com a cultivar Mundo Novo 379-19.

Ao analisar a produtividade da cultivar Mundo Novo 376-4 ao longo de 2 anos, observou-se que a aplicação de biochar como cobertura do solo resultou em maior produtividade média (40,60 sacas por hectare), em comparação ao tratamento com gesso (33,98 sacas por hectare). Esses resultados sugerem que o biochar, além de ter a capacidade de sequestrar carbono, pode ter proporcionado benefícios como melhoria da fertilidade, estrutura e microbiota do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas e aumentando a produção de café.

Já para a produtividade da cultivar Arara, além do tratamento com biochar (48,23 sacas por hectare), a cobertura com gesso também se destacou (45,17 sacas por hectare) (Figura 19), juntamente com o tratamento sem cobertura de solo (44,13 sacas por hectare). Para essa cultivar, o gesso pode ter corrigido deficiências de cálcio e outros nutrientes, promovido melhorias na estrutura do solo e na aeração e, conseqüentemente, favorecido o desenvolvimento radicular e a absorção de água e nutrientes pela planta.

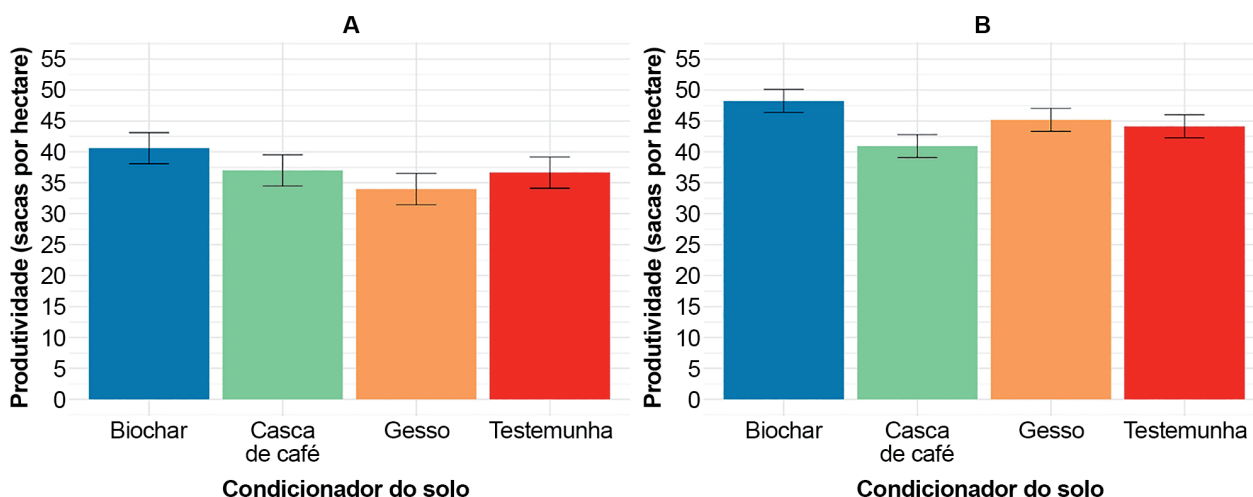


Figura 19. Produtividade (sacas por hectare) do cafeeiro em diferentes condicionadores de solo (biochar, casca de café, gesso e testemunha), no experimento 2, conduzido ao longo de 2 anos (2023–2024) com as cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B).

Em relação à qualidade sensorial, avaliada ao longo de 2 anos para as cultivares do experimento 2, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para a cultivar Mundo Novo 376-4 (Figura 18). No entanto, para a cultivar Arara, o tratamento com gesso resultou em maior pontuação média (84,19), superior aos demais tratamentos, cujas médias ficaram próximas de 83,30 pontos (Figura 20).

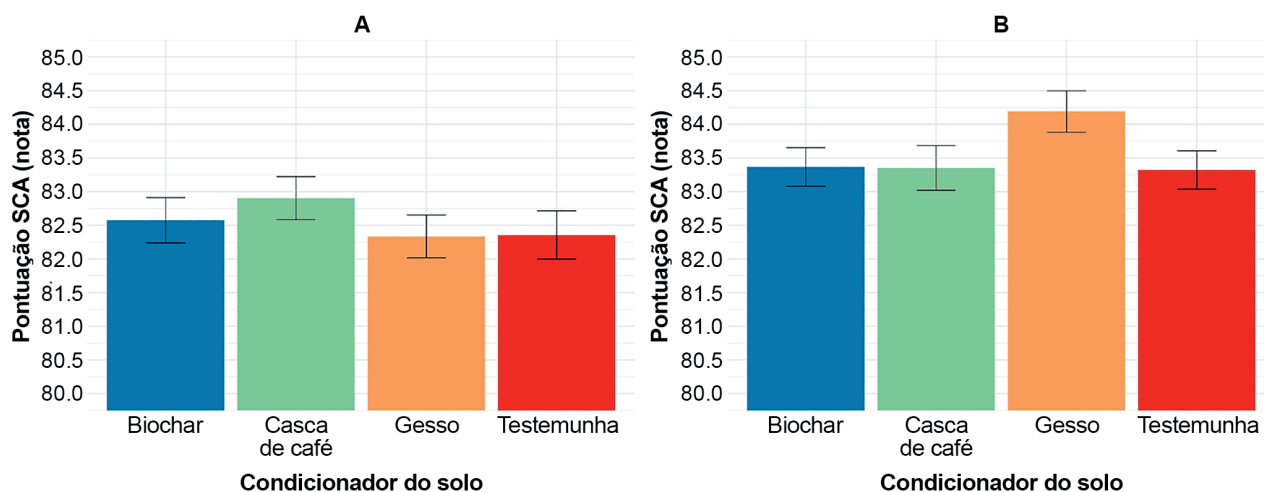


Figura 20. Qualidade sensorial (pontuação SCA — nota) do café em diferentes condicionadores de solo (biochar, casca de café, gesso e testemunha), no experimento 2, conduzido ao longo de 2 anos (2023–2024) com as cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B).

A obtenção de notas superiores a 80 pontos em todos os tratamentos indica que os condicionadores de solo utilizados não apenas contribuíram para a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, mas também mantiveram ou aumentaram a qualidade sensorial da bebida, o que é fundamental para atender às exigências do mercado de cafés especiais. É importante destacar que mesmo o tratamento controle atingiu notas superiores a 80 pontos. Esse resultado sugere que outros fatores, além dos condicionadores, como a variedade do cafeeiro utilizada, as condições climáticas e as práticas de manejo, podem ter influenciado a qualidade final.

Quitossana como bioestimulante

As aplicações foliares de quitossana foram realizadas anualmente com pulverizador costal elétrico, totalizando três aplicações nos períodos que antecedem a colheita e início do período mais seco do ano (final dos meses de fevereiro, março e abril). A quitossana foi aplicada em uma

concentração de 300 mg L⁻¹, solubilizada em ácido acético 0,1%, e a diluição em ácido foi realizada no mesmo dia das aplicações (Dzung et al., 2011).

A dose estimada foi de 20 L ha⁻¹ de solução, com o volume de calda de 500 L ha⁻¹. A ausência de diferenças significativas na qualidade sensorial da cultivar Mundo Novo 376-4 pode ser explicada pela menor influência dos tratamentos sobre os atributos sensoriais do café ou pela menor variabilidade genética dessa cultivar em relação à qualidade.

A quitossana, um biopolímero obtido de crustáceos, foi aplicada como bioestimulante para promover o crescimento das plantas e aumentar a resistência a doenças. Ela pode induzir a produção de substâncias de defesa nas plantas, tornando-as mais resistentes a patógenos.

Recomendação de quitossana

Ao analisar o efeito da quitossana na umidade do solo, observou-se que apenas a cultivar Arara apresentou aumento significativo na umidade do solo em comparação ao tratamento controle (Figura 21). A cultivar Arara apresentou umidade média de 11,92%, enquanto a cultivar Mundo Novo 376-4 apresentou 14,06%. Essa diferença sugere que a cultivar Arara pode apresentar maior eficiência no uso da água.

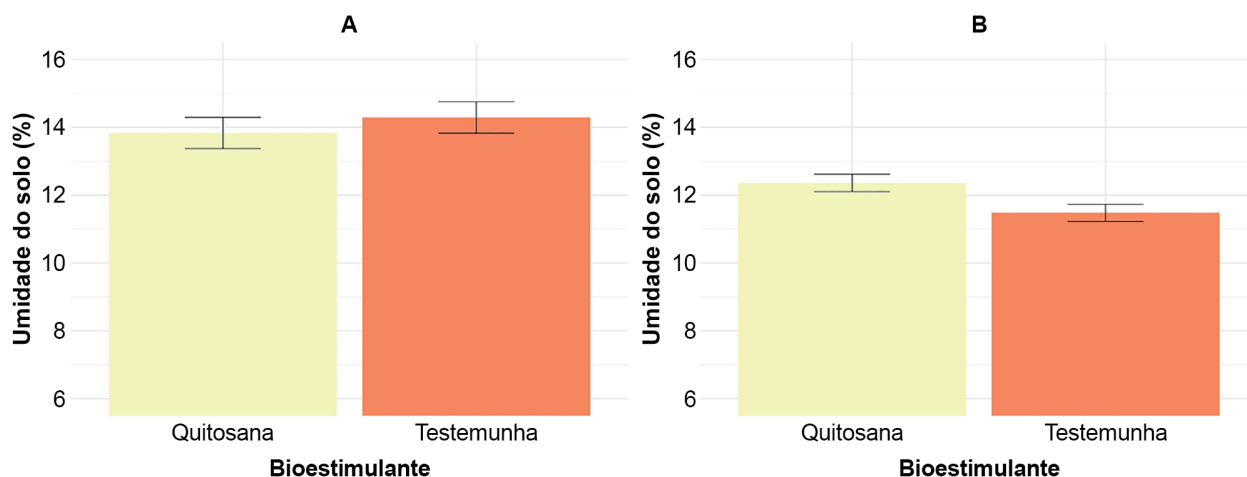


Figura 21. Umidade do solo (%) das cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B), com e sem aplicação de quitosana, no experimento 2, conduzido ao longo de 4 anos (2021–2024).

Essa hipótese é corroborada pelos valores médios de potencial hídrico foliar (Figura 22), que foram de -1,44 MPa para a cultivar Arara e -1,72 MPa para a cultivar Mundo Novo 376-4. Valores menos negativos

de potencial hídrico foliar indicam maior disponibilidade de água nas plantas. No entanto, não foi observado efeito do bioestimulante quitosana sobre o potencial hídrico foliar das cultivares estudadas.



Figura 22. Potencial hídrico foliar (MPa) das cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B), com e sem aplicação de quitosana, no experimento 2, conduzido ao longo de 4 anos (2021–2024).

Embora a cultivar Arara tenha demonstrado maior eficiência no uso da água quando tratada com quitosana, essa característica não se traduziu em aumento de produtividade (Figura 23). Ao contrário, observou-se uma redução na produtividade média das plantas tratadas com quitosana (39,02 sc ha⁻¹) em comparação ao tratamento controle (44,13 sc ha⁻¹). A cultivar Mundo Novo 376-4 apresentou tendência semelhante, com

redução de aproximadamente 8,5 sacas por hectare na produtividade das plantas tratadas com quitosana. Esses resultados indicam um possível efeito antagônico do bioestimulante, sugerindo que a planta pode ter alocado maior parte de seus fotoassimilados para o crescimento vegetativo, especialmente do sistema radicular, em detrimento da formação e do enchimento dos grãos.

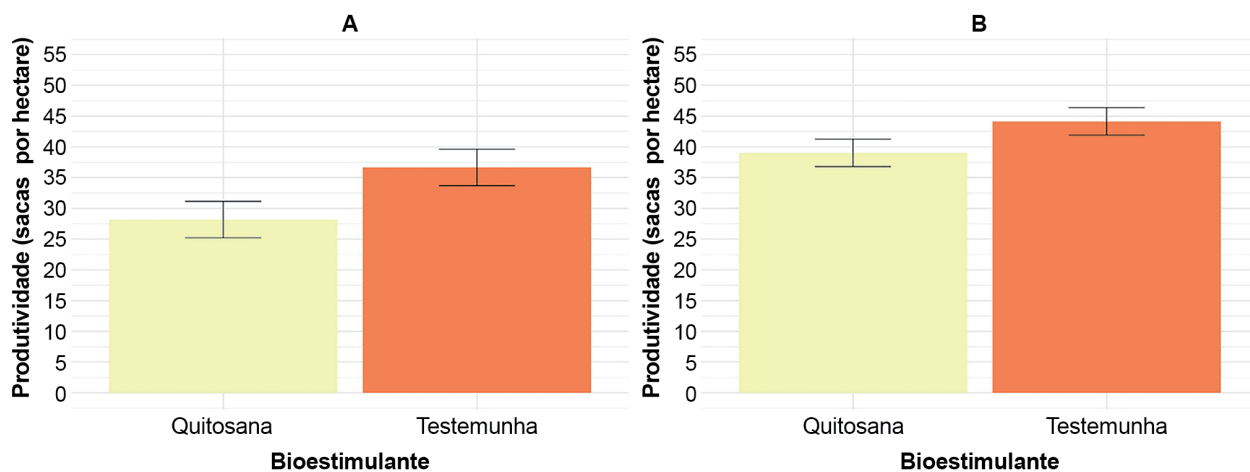


Figura 23. Produtividade (sacas por hectare) das cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B), com e sem aplicação de quitosana, no experimento 2, conduzido ao longo de 2 anos (2023–2024).

A análise sensorial dos grãos de café não evidenciou diferenças significativas entre os tratamentos com e sem aplicação de quitosana, para ambas as cultivares (Figura 24). No entanto, a cultivar Arara

apresentou uma pontuação média ligeiramente superior (83,30 pontos) em comparação à cultivar Mundo Novo 376-4 (82,30 pontos), o que pode conferir um diferencial competitivo no mercado de cafés especiais.

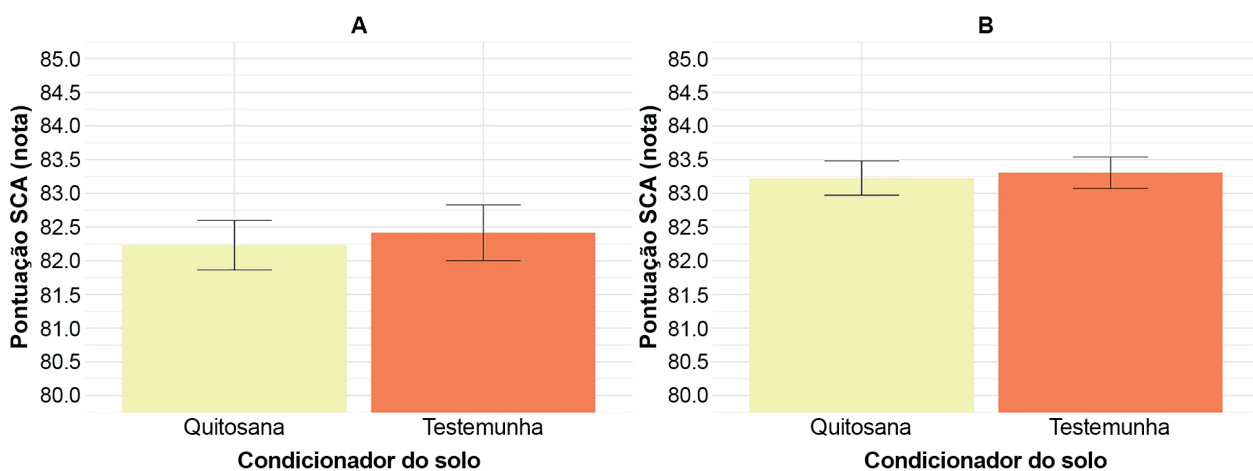


Figura 24. Qualidade sensorial (pontuação SCA — nota) das cultivares Mundo Novo 376-4 (A) e Arara (B), com e sem aplicação de quitosana, no experimento 2, conduzido ao longo de 2 anos (2023–2024).

Considerações finais

Os resultados deste estudo demonstram que a utilização de coberturas de solo, como filme de polietileno e braquiária, é uma prática eficaz para a manutenção da umidade do solo, especialmente na fase inicial do cultivo do cafeeiro, contribuindo significativamente para o estabelecimento e o crescimento inicial das plantas.

A análise da dinâmica da umidade do solo e do potencial hídrico foliar ao longo do tempo revela a

capacidade das plantas de café de se adaptarem às condições hídricas variáveis, explorando camadas mais profundas do solo.

A braquiária como cobertura de solo, assim como a casca de café, o gesso, o composto orgânico e o biochar na função de condicionadores de solo, e o uso de fertilizante de liberação controlada configuram estratégias promissoras para aumentar a produtividade do cafeeiro, sem comprometer a qualidade sensorial do café.

Além disso, a utilização de condicionadores, como a casca de café, pode melhorar o status hídrico das plantas, especialmente em condições de estresse hídrico. Entretanto, a resposta das diferentes cultivares de café aos condicionadores de solo é variável. A cultivar Arara, por exemplo, apresenta melhor resposta ao gesso, enquanto a cultivar Mundo Novo 379-19 se beneficia mais da aplicação de composto orgânico e casca de café.

A cultivar Arara pode representar uma opção mais interessante que a cultivar Mundo Novo para regiões com menor disponibilidade hídrica. Embora a aplicação de quitosana tenha contribuído para o aumento da umidade do solo para essa cultivar, a redução observada na produtividade sugere que esse bioestimulante pode estar direcionando o crescimento vegetativo em detrimento da produção de frutos, sem, no entanto, afetar a qualidade sensorial do café.

A variabilidade na resposta das cultivares às diferentes coberturas (quitosana, fertilizantes e condicionadores de solo) ressalta a necessidade de considerar as características genéticas de cada cultivar, as necessidades nutricionais de cada uma, o custo-benefício, a disponibilidade local, bem como as características edafoclimáticas e do solo ao adotar práticas de manejo.

Este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre o uso de coberturas, fertilizantes e condicionadores de solo, além de bioestimulantes, como a quitosana, na cafeicultura, fornecendo informações importantes para a tomada de decisão por parte dos produtores. No entanto, são necessárias mais pesquisas para elucidar os mecanismos de ação dessas técnicas e suas combinações para otimizar seu uso em diferentes sistemas de produção.

Agradecimentos

Ao Consórcio Pesquisa Café pelo financiamento do projeto 10.18.20.029.00.00, do qual este trabalho faz parte. Às agências de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio financeiro que tornou possível a realização deste trabalho. Ao Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras (Ufla) e a todos os colaboradores, cuja atuação multidisciplinar foi fundamental para o sucesso desta pesquisa.

Referências

- BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. v. 1, 631 p.
- CASTANHEIRA, D. T. **Técnicas agronômicas para mitigação dos efeitos da restrição hídrica no cafeeiro**. 2018. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CLAESSEN, M. E. C. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF, v.11, n. 2 segundo levantamento, maio 2024.
- DZUNG, N. A.; KHANH, V. T. P.; DZUNG, T. T. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. **Carbohydrate Polymers**. v. 84, n. 2, p. 751-755, Mar. 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.07.066>.
- FIGUEIREDO, O. J. de. **Cafeeiros recém implantados com diferentes técnicas agronômicas visando a otimização da água**. 2022. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ V., V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. **Cafeeiro**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES V., V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Coffee report and outlook**. London: Dec. 2023. Disponível em: https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee_Report_and_Outlook_December_2023_ICO.pdf. Acesso em: 11 set. 2024.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. 4th ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Mapa; Varginha: Fundação Procafé, 2010. 546 p.

PIEVE, L. M.; GUIMARÃES, R. J.; ASSIS, G. A.; AMATO, G. A. S.; CORRÊA, J. M. Uso de polímero hidrorretentor na implantação de cafeeiros. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 314-323, jul./set. 2013.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p. il. color.

Embrapa Café

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (final), Ed. Sede
70770-901, Brasília, DF
www.embrapa.br/cafe
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Lucas Tadeu Ferreira*

Vice-Presidente: *Anísio José Diniz*

Secretária-executiva: *Adriana Maria Silva Macedo*

Membros: *Alexsandro Lara Teixeira, André Dominghetti Ferreira, Carlos Henrique Siqueira de Carvalho, Helena Maria Ramos Alves, Lucilene Maria de Andrade, Marcelo Curitiba Espindula, Omar Cruz Rocha, Rogério Novais Teixeira, Rose Lane Cesar e Thiago Farah Cavaton*

Comunicado Técnico 8

ISSN 2179-7757 / e-ISSN 0000-0000
Abril, 2026

Revisão de texto: *Jane Baptistone de Araújo*

Normalização bibliográfica: *Maria de Fátima da Cunha (CRB 1/2616)*

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Thiago Farah Cavaton*

Publicação digital: PDF



Ministério da
Agricultura e Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.