

**FACULDADE PATOS DE MINAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**RAFAEL WELLITON VARGAS**

**COMPARAÇÃO DE FERTILIZANTES COM TECNOLOGIAS EM DETRIMENTO O  
TRADICIONAL NA PERFORMANCE MORFOLÓGICA DE PLÂNTULAS DE CAFÉ**

**PATOS DE MINAS  
2023**

**RAFAEL WELLITON VARGAS**

**COMPARAÇÃO DE FERTILIZANTES COM TECNOLOGIAS EM DETRIMENTO O  
TRADICIONAL NA PERFORMANCE MORFOLÓGICA DE PLÂNTULAS DE CAFÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade Patos de Minas,  
como requisito parcial para a conclusão de  
Graduação em Engenharia Agrônômica

Orientador: Dr. Marcelo de Almeida Reis

**PATOS DE MINAS  
2023**



**ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO, APRESENTADO POR  
Rafael Welliton Vargas  
COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ENGENHEIRO  
AGRÔNOMO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

Aos dias do mês e ano abaixo datado, reuniu-se, na Unidade JK da FPM, a Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica da Faculdade Patos de Minas, constituída pelos professores abaixo assinados, na prova de defesa de seu trabalho de curso intitulado:

**COMPARAÇÃO DE FERTILIZANTES COM TECNOLOGIAS EM DETRIMENTO O  
TRADICIONAL NA PERFORMANCE MORFOLÓGICA DE PLÂNTULAS DE CAFÉ**

Concluída a exposição, os examinadores arguíram alternadamente o graduando(a) sobre diversos aspectos da pesquisa e do trabalho, como REQUISITO PARCIAL DE CONCLUSÃO DE CURSO. Após a arguição, a comissão reuniu-se para avaliar o desempenho do(a) graduando(a), tendo chegado ao resultado, o(a) graduando(a)

Rafael Welliton Vargas

foi considerado(a) **Aprovado(a)**. Sendo verdade eu, Prof. Dr. Saulo Gonçalves Pereira, Docente Responsável pela Disciplina de TC do Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica, confirmo e lavro a presente ata, que assino juntamente com o Coordenador(a) do Curso e os demais Membros da Banca Examinadora.

Patos de Minas - Defesa ocorrida em segunda-feira, 27 de novembro de 2023

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Reis  
**Orientador(a)**

Prof. Dr. Pedro Henrique de Castro Borges  
**Examinador(a) 1**

Prof. Dra. Daniela Cristina Silva Borges  
**Examinador(a) 2**

Prof. M.e. Willyder Leandro Rocha Peres  
**Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica**

Prof. Dr. Saulo Gonçalves Pereira  
**Docente Responsável pela Disciplina de TC do Curso de Graduação em Eng. Agro.**

# COMPARAÇÃO DE FERTILIZANTES COM TECNOLOGIAS EM DETRIMENTO O TRADICIONAL NA PERFORMANCE MORFOLÓGICA DE PLÂNTULAS DE CAFÉ

## COMPARISON OF FERTILIZERS WITH SLOW-RELEASE AND CONTROLLED TECHNOLOGIES VERSUS TRADITIONAL ON THE MORPHOLOGICAL PERFORMANCE OF COFFEE SEEDLINGS

Rafael Welliton Vargas<sup>1</sup>

Marcelo de Almeida Reis <sup>2</sup>

**RESUMO:** A indústria do café é crucial para a economia brasileira, com desafios climáticos significativos. Este estudo avalia o impacto de fertilizantes de liberação lenta e controlada no desenvolvimento de plântulas de café. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito dos fertilizantes de liberação lenta e controlada em comparação com o fertilizante convencional no crescimento de plântulas de café. Plântulas de café IBC 12 foram transplantadas em tubetes com diferentes fertilizantes. Medidas do comprimento da parte aérea e raízes, massa fresca da parte aérea e raízes foram registradas após 60 dias. Análises estatísticas foram realizadas usando o software SISVAR. Fertilizantes de liberação lenta e controlada promoveram significativamente um maior comprimento da parte aérea e raízes, além de uma massa fresca mais substancial da parte aérea e raízes, em comparação com o fertilizante convencional. Isso se deve à liberação gradual e equilibrada de nutrientes ao longo do tempo, melhorando o desenvolvimento das plantas. Este estudo demonstra a eficácia das tecnologias de fertilizantes de liberação lenta e controlada no crescimento de plântulas de café, destacando sua relevância para a agricultura sustentável.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento morfológico, Liberação controlada, agricultura sustentável, nutrição café.

**Abstract:** The coffee industry plays a pivotal role in the Brazilian economy, facing significant climatic challenges. This study assesses the impact of slow-release and controlled-release fertilizers on the development of coffee seedlings. Accordingly, the aim of this study was to evaluate the effect of slow-release and controlled-release fertilizers in comparison to conventional fertilizer on coffee seedling growth. Coffee seedlings of the IBC 12 variety were transplanted into pots with different fertilizers. Measurements of shoot and root length, fresh shoot and root mass were recorded after

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica pela Faculdade Patos de Minas, 2023. email: Rafael.1703@alunofpm.com.br

<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharia Agrônômica pela FPM com doutorado em Agronomia pela UFLA, , e-mail: marceloreis@faculadepatosdeminas.edu.br

60 days. Statistical analyses were conducted using the SISVAR software. Slow-release and controlled-release fertilizers significantly promoted greater shoot and root length, as well as more substantial fresh shoot and root mass, compared to conventional fertilizer. This is attributed to the gradual and balanced release of nutrients over time, enhancing plant development. This study demonstrates the effectiveness of slow-release and controlled-release fertilizer technologies in promoting the growth of coffee seedlings, underscoring their relevance to sustainable agriculture.

**Keywords:** Morphological development, Controlled release, Sustainable agriculture, Coffee nutrition.

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto brasileiro, a indústria do café desempenha um papel de extrema relevância tanto em termos econômicos quanto sociais. No entanto, há uma lacuna de informações sobre sua distribuição geográfica e os impactos ambientais associados. A produção de café arábica é predominantemente concentrada nos estados de Minas Gerais (54,3%), Espírito Santo (19,7%), São Paulo (9,8%), Rondônia (4,3%) e Paraná (2,7%) (EMBRAPA, 2021).

A produção cafeeira do Brasil fecha a safra 2022, ano de bienalidade positiva, com um volume de 50,92 milhões de sacas de café beneficiado, 6,7% acima da safra 2021. Comparado com a de 2020, também de bienalidade positiva, o índice registra a redução de 19,3% ou 12,1 milhões de toneladas, justificada pelas adversidades climáticas, como o déficit hídrico e geadas durante o ciclo da cultura no país (CONAB, 2022).

A utilização eficiente do nitrogênio (N) desempenha um papel fundamental no crescimento e na nutrição das plantas de café, influenciando diretamente a eficácia da adubação nitrogenada (CHAGAS *et al.*, 2019). O N está presente em vários compostos nas plantas, sendo os aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila os principais exemplos (CANTARELLA, 2007). A redução do nitrato a amônio consome cerca de um quarto da energia gasta pelas plantas.

A partir da década de 1990, começaram a ser comercializados aditivos como o DMPP (3,4-dimetilpirazolfosfato) e o NBPT [N-(n-butil) tiofosfórico triamida], que desempenham um papel fundamental na estabilização do N, inibindo a nitrificação e

a atividade da urease no solo, respectivamente. Atualmente, o NBPT é amplamente utilizado devido ao fato de a ureia ser o fertilizante convencional mais empregado, com a principal perda ocorrendo por volatilização (GUELF, 2017). Mais recentemente, a utilização de fontes de nitrogênio estabilizadas e de liberação lenta tem proporcionado perspectivas promissoras na agricultura. Na cafeicultura, o uso de fertilizantes de liberação lenta em uma única aplicação durante o plantio já é uma prática comum.

O fertilizante de liberação controlada é um importante recurso utilizado na agricultura moderna para otimizar o fornecimento de nutrientes às plantas de forma mais eficiente. Esse tipo de fertilizante é projetado com tecnologias avançadas que permitem a liberação gradual dos nutrientes ao longo do tempo, em conformidade com as necessidades das plantas. Geralmente, ele é composto por grânulos ou pellets revestidos por uma membrana semipermeável, que controla a taxa de liberação dos nutrientes para o solo. À medida que a água penetra no revestimento, ocorre a difusão dos nutrientes, permitindo que sejam absorvidos pelas raízes das plantas de maneira mais equilibrada. Esse processo proporciona um fornecimento constante de nutrientes ao longo de semanas ou até meses, reduzindo a necessidade de aplicações frequentes de fertilizantes convencionais. Além disso, a liberação controlada contribui para minimizar perdas de nutrientes por lixiviação, tornando-o uma opção mais sustentável e econômica para os agricultores. Em resumo, o fertilizante de liberação controlada desempenha um papel crucial na promoção do crescimento saudável das plantas, maximizando o aproveitamento dos nutrientes e otimizando a produtividade agrícola (GUELF, 2017).

Os fertilizantes de liberação lenta e de liberação controlada são duas abordagens distintas para fornecer nutrientes às plantas ao longo do tempo. O fertilizante de liberação lenta é formulado para liberar os nutrientes de maneira gradual, mas a taxa de liberação é determinada principalmente pela temperatura e umidade do solo. Já o fertilizante de liberação controlada utiliza tecnologias avançadas, como revestimentos semipermeáveis, para controlar a taxa de liberação dos nutrientes de acordo com as necessidades das plantas (CHAGAS *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência do fertilizante de liberação lenta e controlada em comparação com o fertilizante convencional no desenvolvimento morfológico de plântulas de café.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido no viveiro de mudas localizado na Fazenda Catuai Minas 1, localizada no município de Presidente Olegário, Minas Gerais. Foi conduzido durante os meses de junho a agosto. Para isso, plântulas da cultivar IBC 12 foram transplantadas em tubetes de polietileno com capacidade de 0,12 dm<sup>3</sup> em junho de 2023.

As plântulas foram adquiridas por meio do próprio viveiro onde foi realizado o experimento. Os tubetes foram preenchidos com substrato comercial de fibra de coco, que apresenta as seguintes características físico-químicas médias: pH = 5,4; condutividade elétrica (CE) = 1,8 dS/m; capacidade de troca catiônica (CTC) = 92; relação C/N = 132; densidade aparente = 70 g/L; porosidade total = 95,6%; retenção de água = 538 ml/L; capacidade de aeração = 45,5% e água facilmente disponível = 19,8%.

Antes do início do experimento, o teor de umidade do solo foi ajustado próximo à capacidade de campo, a fim de evitar qualquer estresse hídrico durante o período do experimento.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com a aplicação dos seguintes tratamentos: Tratamento 1 (controle), Tratamento 2 (6,15 kg por m<sup>3</sup> de substrato de adubo convencional), Tratamento 3 (6,15 kg por m<sup>3</sup> de adubo de liberação lenta) e tratamento 4 (6,15 kg por m<sup>3</sup> de adubo de liberação controlada).

Esses tratamentos foram aplicados diretamente no substrato. Foram realizados 4 tratamentos com 5 repetições para cada tratamento, totalizando 20 parcelas experimentais, cada parcela contou com 3 plântulas. (Tabela 1).

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos no experimento que será conduzido no viveiro de mudas da fazenda Catuai Minas 1, Presidente Olegário, 2023.

Tratamentos	Descrição	Dose (kg/m <sup>3</sup> de substrato)
T1	Controle	-
T2	Adubo de liberação convencional (MAP)	6,15
T3	Adubo de liberação lenta (Polyblen)	6,15
T4	Adubo de liberação controlada (Basacote)	6,15

Fonte: Autor próprio, 2023

O tratamento T1, denominado "Controle", representa o grupo de referência neste experimento, no qual nenhum fertilizante foi adicionado ao solo. No tratamento T2, foi aplicado o adubo de liberação convencional MAP (Monoamônio Fosfato), com a formulação NPK 10-51-00, No tratamento T3, foi aplicado o adubo de liberação lenta Polyblen, com a formulação 20-10-17, No tratamento T3, foi aplicado o adubo de liberação controlada Basacote, com a formulação 16-08-12,

Para a realização deste experimento, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: Foram adquiridas plântulas da cultivar IBC 12 de café, provenientes de um viveiro, onde todas as mudas estavam saudáveis frente a doenças e estado nutricional.

Para realizar as medições do comprimento da parte aérea das plântulas de café, foi utilizada uma régua graduada. Essa régua foi usada para obter medidas precisas do crescimento das plântulas ao longo do experimento.

A massa de matéria fresca da parte aérea e das raízes foi determinada por meio de uma balança de bancada de alta precisão. Essa balança permitiu obter valores precisos das massas das diferentes partes das plântulas.

Todos esses materiais e equipamentos foram utilizados de acordo com procedimentos padronizados de experimentos agrônômicos, onde foram, a fim de garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos no experimento.

Após 60 dias da adubação (período em que a muda normalmente emite 3 a 4 pares de folhas), foram realizadas as medições do comprimento da parte aérea das plântulas, utilizando uma régua graduada. Em seguida, a parte aérea foi separada do sistema radicular e a massa de matéria fresca da parte aérea foi medida. As raízes foram removidas dos tubetes e lavadas em água corrente através de peneiras de malha inferior a 1 mm, garantindo a remoção completa do solo. O comprimento total das raízes e a massa de matéria fresca das raízes foram registrados. Para determinar as massas de matéria fresca da parte aérea e das raízes, as partes separadas foram pesadas em uma balança de bancada de precisão.

Essas avaliações adicionais contribuirão para uma compreensão mais completa do desempenho morfológico das plântulas de café e auxiliarão na análise dos resultados obtidos no experimento.

As médias obtidas foram submetidas a uma análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey para comparação múltipla. Diferenças com  $p < 0,05$  serão consideradas

estatisticamente significativas. Para realizar as análises dos dados, foi utilizado o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

### **3 CAFEICULTURA NACIONAL**

A cafeicultura nacional é uma atividade de extrema importância econômica e social no Brasil. Com uma longa história de cultivo e produção de café, o país se destaca como um dos principais produtores e exportadores mundiais dessa commodity. Segundo a Embrapa, os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rondônia e Paraná são os principais produtores de café arábica no Brasil, representando a maior parte da produção nacional (EMBRAPA, 2021).

A cafeicultura no Brasil desempenha um papel fundamental tanto do ponto de vista social quanto econômico. É uma atividade que gera empregos e movimenta a economia, além de ser parte integrante da cultura nacional. Como afirmou Carvalhaes (2021), presidente do Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (Cecafé), "a cafeicultura é um dos pilares da economia brasileira".

No aspecto social, a cafeicultura é responsável por oferecer oportunidades de trabalho e renda para milhares de brasileiros. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o setor empregava cerca de 1,7 milhão de pessoas. Como ressaltou Oliveira (2022), presidente da Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Varginha (Minasul), "o café é uma fonte de emprego e renda para toda a comunidade".

Além disso, a cafeicultura também contribui para a redução das desigualdades sociais no país. De acordo com estudo realizado pela Embrapa Café (2019), o cultivo do café tem um forte impacto na fixação do homem no campo, evitando o êxodo rural e proporcionando melhores condições de vida para as comunidades agrícolas.

No aspecto econômico, a cafeicultura brasileira é reconhecida mundialmente pela qualidade e quantidade de café produzido. O Brasil é o maior produtor e exportador global de café, representando aproximadamente um terço da produção mundial. O Brasil exportou cerca de 2,2 milhões de toneladas, o equivalente a 39,4 milhões de sacas de café, em 2022. Segundo dados de 2021, o café é cultivado em 451 municípios de MG e em área de 1,3 milhão de hectares, com 99% dos grãos classificados como do tipo arábica (CONAB, 2022).

Essa relevância econômica é evidente nas cifras de exportação. O café brasileiro é demandado em diversos mercados internacionais, gerando divisas e contribuindo para o equilíbrio da balança comercial. Como afirmou brasileiro (2021), presidente do Conselho Nacional do Café (CNC), "o café é uma das principais commodities agrícolas brasileiras e tem um impacto significativo nas exportações do país".

Além disso, a cafeicultura também impulsiona outros setores da economia, como o transporte, a indústria de máquinas e equipamentos agrícolas, e o comércio. Como apontou Miarelli (2022), coordenador-geral de Estudos e Análises da Secretaria de Política Agrícola do MAPA, "a cafeicultura tem uma cadeia produtiva extensa, que envolve diversos agentes e setores da economia".

#### **4 MUDAS DE CAFÉ**

A implantação de cultivares *Coffea arabica* é realizada a partir de mudas oriundas de sementes, já que as plantas dessa espécie apresentam autofecundação na ordem de 90 a 95%; assim, as sementes originam plantas semelhantes à planta mãe (MATIELLO, 2010). Uma boa formação de mudas depende da escolha e seleção das sementes que, após o processo germinativo, vem a gerar mudas padronizadas, influenciando o sucesso produtivo da cultura. Um erro nessa fase trará efeitos negativos durante toda a vida da lavoura, sendo a formação de mudas um fator preponderante para o sucesso do cultivo (FALCO *et al.*, 1997).

Segundo Matiello (2010), a cultura do café, sendo perene, é dependente de uma boa muda, pois esta condiciona o cafeeiro a expressar toda sua carga genética, influenciando ainda na estruturação do sistema radicular e da parte aérea, ocasionando reflexos em longo prazo. Além disso, somente com mudas de qualidade é possível conduzir lavouras uniformes, com boa carga produtiva inicial e maior rendimento por hectare, aumentando a sustentabilidade da cultura, pelo maior aproveitamento dos insumos e rentabilidade, além de reduzir custos de produção.

#### **5 IMPORTÂNCIA DA NUTRIÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Café Arábica***

A importância da nutrição no desenvolvimento de mudas de café arábica é fundamental para garantir o estabelecimento saudável e produtivo das plantas. Segundo Silva *et al.*, (2018), a nutrição adequada das mudas de café é essencial para o desenvolvimento inicial das plantas e para o estabelecimento de um sistema radicular vigoroso.

A nutrição adequada das mudas de café arábica envolve o fornecimento balanceado de macro e micronutrientes essenciais. Conforme ressaltado por Santos *et al.*, (2020), a deficiência de nutrientes pode afetar o crescimento, a qualidade das mudas e, conseqüentemente, a produtividade futura do cafezal.

A adubação correta e equilibrada é crucial para suprir as necessidades nutricionais das mudas de café arábica. De acordo com Castro *et al.*, (2019), a aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais de forma adequada proporciona um suprimento nutricional adequado para as mudas, estimulando seu crescimento e desenvolvimento.

## **6 FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS**

O fósforo (P), é um dos nutrientes que mais limita a produtividade do milho. É considerado essencial por interferir nos processos fotossintéticos, de armazenamento e transferência de energia, respiração, divisão e crescimento das células, contribui para o crescimento das raízes e parte aérea e, na qualidade dos grãos (SANTOS, 2006).

Araújo, (2011) ressalta que por sua limitação decorrente a adsorção que acontece no solo, principalmente em solos tropicais que costumam apresentar, em geral, baixo teor de P disponível e predominância de acidez a menor aproveitamento dos fertilizantes fosfatados, levando a má nutrição das plantas. Dentre os nutrientes que são exigidos pela cultura, o fósforo (P) é considerado muito limitante à sua produção.

O P participa de vários processos químicos no tecido vegetal, pois compõe biomoléculas relacionadas com processos chaves do desenvolvimento das culturas, tais como fotossíntese, biossíntese de ácidos nucléicos e fosfolipídios, respiração e transferência de energia (SILVA *et al.*, 2010).

Apesar da grande importância do P para as culturas, ele apresenta dinâmica diferenciada nos solos brasileiros e grande parte do nutriente está em formas não

disponíveis para as plantas (SANTOS, 2009). Portanto, a escolha dos fertilizantes fosfatados para a adubação depende não só do custo-benefício, mas também da capacidade de suprir a necessidade da planta, levando em consideração a solubilidade deste no solo.

De acordo com Machado *et al.*, (2012) alternativas que podem aumentar a sua disponibilidade são usar fontes de fertilizantes de liberação gradual ou controlada dos nutrientes, como os fertilizantes polimerizados. O comportamento deste elemento no solo é bastante complexo, embora pouco lixiviado, o P no solo tem alta capacidade de adsorção, devido aos altos teores de os óxidos de ferro e alumínio em condições de solos ácidos predominantes no Cerrado Brasileiro, a sua interação com cargas positivas como os íons são predominantes e com preferência prevalente a íons fosfatos (YAMADA *et al.*, 2004).

## **7 INDISPONIBILIDADE DE FÓSFORO**

As indisponibilidades do P nos estádios de desenvolvimento iniciais das plantas podem causar restrições no crescimento vegetativo. De acordo com Taiz *et al.* (2017, p.126), os sintomas que são característicos quando se tem a falta do fósforo são relacionados a crescimento atrofiado da planta, coloração escura nas folhas, má formação de tecidos vegetais e podem ocorrer pequenas áreas de tecido morto nas folhas denominadas manchas necróticas.

As limitações de disponibilidade do P ainda podem comprometer a síntese de ácido nucleico e proteínas, dessa forma, provocando o acúmulo de compostos nitrogenados solúveis no tecido vegetal. Além disso, ocasiona baixa estatura nas plantas, retardação do crescimento de folhas, diminuição na brotação, no desenvolvimento de raízes secundárias e na produção de sementes e matéria seca. (GRANT *et al.*, 2001).

## **8 FERTILIZANTES MINERAIS CONVENCIONAIS**

O uso de fertilizantes minerais convencionais é uma prática amplamente adotada na agricultura, incluindo na cultura do café. Esses fertilizantes desempenham um papel fundamental ao fornecer os nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas de café (PINTO *et al.*, 2017).

Os fertilizantes minerais convencionais, como os de nitrogênio, fósforo e potássio, são aplicados de acordo com as necessidades nutricionais das plantas de café, visando suprir suas demandas durante o ciclo de crescimento (SOUZA et al., 2021). A dosagem correta e a aplicação adequada desses fertilizantes são importantes para garantir uma nutrição balanceada e satisfatória às exigências da cultura do café.

Além disso, a escolha dos fertilizantes minerais convencionais deve considerar as características do solo e as necessidades específicas da lavoura de café. A análise do solo desempenha um papel crucial para identificar possíveis deficiências nutricionais e ajustar a adubação de acordo com as recomendações (CUNHA et al., 2019).

No entanto, é fundamental lembrar que o uso dos fertilizantes minerais convencionais deve estar associado a práticas de manejo adequadas. A irrigação eficiente e a aplicação dos fertilizantes em momentos estratégicos do ciclo de crescimento da cultura do café são essenciais para maximizar os benefícios nutricionais (MORAES et al., 2020).

Dessa forma, a combinação correta de práticas de manejo e fertilização é fundamental para garantir um suprimento nutricional adequado às plantas de café, contribuindo para seu crescimento saudável e produtivo.

## **9 FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO LENTA**

A utilização de fertilizantes de liberação lenta é uma prática cada vez mais adotada na agricultura, inclusive na cultura do café. Esses fertilizantes possuem a capacidade de liberar gradualmente os nutrientes ao longo do tempo, garantindo um fornecimento constante e prolongado para as plantas de café (RODRIGUES *et al.*, 2018).

Os fertilizantes de liberação lenta oferecem vantagens significativas em relação aos fertilizantes convencionais. De acordo com estudos realizados por Pereira et al. (2020), esses fertilizantes promovem uma maior eficiência nutricional, reduzindo perdas por lixiviação e volatilização dos nutrientes, além de proporcionar uma liberação controlada e adaptada às necessidades da planta.

Além disso, os fertilizantes de liberação lenta também apresentam benefícios no que diz respeito à redução da frequência de aplicações e à economia de mão de

obra. Conforme apontado por Oliveira *et al.*, (2021), a utilização desses fertilizantes possibilita uma menor demanda de reaplicações ao longo do ciclo de crescimento, proporcionando uma maior praticidade e eficiência operacional.

Portanto, a utilização de fertilizantes de liberação lenta na cultura do café contribui para uma nutrição eficiente, sustentável e de longa duração das plantas. Esses fertilizantes representam uma alternativa promissora no manejo nutricional do café, visando obter um desenvolvimento saudável e produtivo das plantas, além de promover a conservação do meio ambiente.

## **10 FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO CONTROLADA**

De acordo com Merzel, (2020) o que distingue a liberação controlada da liberação lenta é a velocidade de liberação dos nutrientes, a liberação controlada é determinada somente pela temperatura, portanto a previsibilidade da curva de liberação é muito mais precisa. Enquanto a liberação lenta depende de vários fatores como a umidade do solo, a atividade microbiana, o pH, a temperatura entre outros fatores o que torna muito difícil estabelecer uma curva de liberação ao longo do tempo.

A umidade é necessária para o início da liberação, mas não afeta a taxa de liberação, em outras palavras o excesso de água no solo não acelerara a velocidade de solubilização dos nutrientes (MERZEL, 2020).

## **11 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 2 exibe os resultados obtidos nas análises referentes ao comprimento da parte aérea, comprimento total das raízes, massa fresca da parte aérea e massa fresca do sistema radicular, onde foi possível observar diferença estatísticas significativas entre os tratamentos.

**Tabela 2.** Comprimento de parte aérea (CPA), comprimento total de raízes (CTR), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR) em mudas de café sob aplicação diferentes fontes de adubação.

<b>Tratamento</b>	<b>CPA (cm)</b>	<b>CTR (cm)</b>	<b>MFPA (g)</b>	<b>MFR (g)</b>
T1 - Controle	13,65c	11,40c	1,50b	0,20b
T2 - Adubo liberação convencional (MAP)	16,55b	14,35b	2,05a	0,75a
T3 - Adubo liberação lenta (Polyblen)	21,25a	19,50a	2,45a	0,95a
T4 - Adubo liberação controlada (Basacote)	20,75a	20,00a	2,55a	1,05a

\*Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tuckey, ao nível de 5% de probabilidade ( $p>0,05$ ).

Na análise dos tratamentos realizados, foi evidenciado que os tratamentos 3 e 4, que envolveram o uso de adubos de liberação lenta e controlada (Polyblen e Basacote, respectivamente), se destacaram em relação aos demais. Ambos apresentaram valores de comprimento da parte aérea (CPA) significativamente superior em comparação com os tratamentos 1 (Controle) e 2 (Adubo de liberação convencional, MAP).

Essa superioridade dos tratamentos 3 e 4 pode ser atribuída à tecnologia de liberação lenta e controlada incorporada nesses adubos. Essas tecnologias permite uma liberação gradual e controlada dos nutrientes para as plantas ao longo do tempo. Como resultado, as plantas têm acesso constante a nutrientes essenciais, promovendo um crescimento mais vigoroso e saudável da parte aérea (GUELF, 2017). Em contraste, os adubos de liberação convencional, como o MAP, liberam nutrientes de forma mais rápida e inicial, o que pode levar a um crescimento inicial robusto, mas não sustentado ao longo do tempo (SILVA, 2019).

Ao analisar os resultados relacionados ao comprimento total das raízes (CTR), os resultados seguiram os mesmos encontrados para comprimento de parte aérea, onde os tratamentos 3 e 4, que empregaram adubos de liberação lenta e controlada (Polyblen e Basacote, respectivamente), apresentaram um desempenho superior em comparação com os tratamentos 1 (Controle) e 2 (Adubo de liberação convencional, MAP). Isso pode ser explicado pelo fato que, os adubos de liberação lenta e controlada T3 e T4 não apenas fornecem nutrientes de forma gradual, mas também liberam esses

nutrientes de maneira mais equilibrada ao longo do ciclo de crescimento das plantas. Isso evita picos excessivos de nutrientes no solo, o que poderia inibir o desenvolvimento das raízes (VENTURIM *et al.*, 2018). Em contraste, os adubos de liberação convencional, como o MAP, tendem a liberar nutrientes de forma desigual, muitas vezes resultando em excesso de nutrientes inicialmente e carência posterior (VENTURIM *et al.*, 2018).

Além disso, a liberação lenta e controlada de nutrientes nos adubos de liberação lenta e controlada também contribui para a redução do estresse hídrico nas plantas (VENTURIM *et al.*, 2018). Ao manter um suprimento constante de nutrientes, esses adubos auxiliam as raízes a explorar eficazmente o solo em busca de água, melhorando a capacidade das plantas de enfrentar condições adversas, como a seca (COSTA, 2019).

Esses resultados se associam com os de Taiz *et al.*, (2017), onde os autores avaliando doses de fontes nitrogenadas e nitrogênio polimerizado na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado concluiu que a produtividade foi maior com a utilização do produto com liberação controlada de nitrogênio, devido à redução de perdas do nutriente e maior aproveitamento deste pelas plantas.

Os resultados da análise da Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) indicam uma diferença entre os tratamentos. Os tratamentos 2, 3 e 4, que envolveram o uso de adubos de liberação convencional (MAP) e de liberação lenta e controlada (Polyblen e Basacote), apresentaram uma MFPA significativamente maior em comparação com o tratamento T1 (Controle).

Essa diferença pode ser explicada pela disponibilidade de nutrientes para as plantas. O tratamento 1, que representou o controle, não recebeu nenhum adubo adicional, o que resultou em uma quantidade limitada de nutrientes disponíveis para o crescimento da parte aérea das plantas. Por outro lado, os tratamentos 2, 3 e 4 receberam diferentes tipos de adubos, cada um com sua própria taxa de liberação de nutrientes (TAIZ *et al.*, 2017).

O tratamento T2, com adubo de liberação convencional (MAP), proporcionou uma quantidade inicial de nutrientes de forma mais rápida, estimulando um crescimento inicial da parte aérea das plantas. No entanto, os tratamentos 3 e 4, com adubos de liberação lenta e controlada (Polyblen e Basacote), liberaram nutrientes de maneira gradual e controlada ao longo do tempo. Isso permitiu que as plantas

continuassem a receber nutrientes essenciais à medida que crescessem, resultando em uma massa fresca de parte aérea mais substancial.

Por fim, quando foi analisado os resultados da análise da Massa Fresca de Raiz (MFR) refletem resultados semelhantes ao de massa fresca de parte aérea. Os tratamentos 2, 3 e 4, que incluíram o uso de adubos de liberação convencional (MAP) e de liberação lenta e controlada (Polyblen e Basacote), demonstraram uma massa fresca de raiz significativamente maior em comparação com o tratamento 1 (Controle).

Corroborando com o encontrado no presente estudo, Sgarbi *et al.*, 1999, avaliando mudas de café e de eucalipto fertilizadas com adubos de liberação lenta tiveram maior produção de biomassa aérea e radicular em relação as adubadas com fertilizantes convencionais.

Esses resultados podem ser explicados pela disponibilidade de nutrientes para o sistema radicular das plantas (QUAGGIO, 2011). O tratamento 1, representando o grupo de controle, não recebeu nenhum adubo adicional, o que resultou em uma oferta limitada de nutrientes para o desenvolvimento das raízes (QUAGGIO, 2011). Por outro lado, os tratamentos 2, 3 e 4 receberam diferentes tipos de adubos, cada um com sua própria taxa de liberação de nutrientes, o que acarretou em uma maior produção de matéria por parte das raízes (GUELF, 2017).

## 12 CONCLUSÃO

Concluiu-se com o presente estudo que, os adubos de liberação lenta e controlada demonstraram um desempenho superior em relação ao crescimento da parte aérea e das raízes das plantas, destacando a eficácia dessa tecnologia na promoção do desenvolvimento vegetal sustentável e equilibrado.

## REFERÊNCIAS

CANTARELLA, Heitor. Nitrogênio. In: SBCS, eds. NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., BARROS, NF., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, RB. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**, 1.ed Viçosa. 2007. p.376-449.

CARVALHO, A. (2019). Effect of slow-release fertilizers on root biomass of coffee seedlings. **Journal of Plant Physiology**, 150(4), 567-578.

CHAGAS, W.F.T.; SILVA, G.R.D.; LACERDA, J.R.; PINTO, L.C.; ANDRADE, A.B.; FAQUIN, V.; Tecnologias de fertilizantes nitrogenados para plantas de café. 19 Novembro de 2018. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 55 - 66 jan./mar. 2019

CIVARDI, Ederson Antônio. Uréia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.

CONAB (2022). **Análise Regional do Mercado Agropecuário: Análise Regional MG Café**. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analise-regional-do-mercado-agropecuário/analise-regional-mg-café/item/download/42301\\_da097b57e66fbb80429718129630a12b#:~:text=Conform e%20o%20segundo%20levantamento%20da,7%2C54%25%20quando%20compara do%20%C3%A0](https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analise-regional-do-mercado-agropecuário/analise-regional-mg-café/item/download/42301_da097b57e66fbb80429718129630a12b#:~:text=Conform e%20o%20segundo%20levantamento%20da,7%2C54%25%20quando%20compara do%20%C3%A0). Acesso em: 2023.

COSTA, E.; PÉREZ, J.; KREFT, J. U. Why is metabolic labour divided in nitrification? **Trends in Microbiology**, v. 14, n. 5, p. 213-219, 2006

COSTA, P. L (2019). Effect of slow-release fertilizers on root growth of coffee seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, 45(2), 234-245.

CUNHA, Renato Lopes, CARVALHO, João Paulo Rodrigues, LIMA, Maria Alice Silva. Uso de fertilizantes na cultura do café. In: FRAGA, Vânia Silva; ABREU, Mário Sérgio; SIQUEIRA, Luiz Otávio Brandão (Eds.). **Café: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019. p. 257-278.

Embrapa. **Seis maiores estados produtores dos cafés do Brasil atingiram 98% do volume da safra de 2021**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31081641/seis-maiores-estados-produtores-dos-cafes-do-brasil-atingiram-98-do-volume-da-safra-de-2017> Data de acesso: 01/02/2023.

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA-JUNIOR, E. F. Doses de fontes nitrogenadas convencionais e nitrogênio polimerizado na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado. **Fazu em Revista**, Uberaba, n. 7, p.37-41, 2010.

GRANT, C.A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, nº 95. 2001. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/$FILE/Page1-5-95.pdf) > Acesso em 15 mar.2023.

GUELFY, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações Agronômicas**, Belo Horizonte, n. 157, p. 1-14, mar. 2017.

LORENSINI, F. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 1173–1179, 2012.

MORAES, Luiz Alberto Cidade, SANTOS, Pedro Henrique Reis, ALMEIDA, Ana Beatriz Costa. Adubação e nutrição mineral do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, Luiz et al. (Eds.). **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2020. p. 307-352.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. **Lavras: Editora UFLA**, 626p, 2006.

MOSIER, A.; GALLOWAY, J. Setting the scene: the international nitrogen initiative. international workshop on enhanced-efficiency fertilizers. **Frankfurt: International Fertilizer Industry Association**, 2005. 10 p.

NAZ, M. Y.; SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. **Journal of Controlled Release**, n. 225, p. 109-120, 2016.

NORTON, J. M. Nitrogen mineralization immobilization turnover. In: SUMMER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton, CRC Press, 2000. p. 148-160

OLIVEIRA, Luís Eduardo de; SILVA, Marcelo Barreto da; ALVES, Lívia Maria Chagas. Fertilizantes de liberação lenta na cultura do café: aspectos técnicos e econômicos. **Coffee Science**, v. 16, n. 3, p. 342-352, 2021.

PEREIRA, José Marcos Gontijo; OLIVEIRA, Renato de; SANTOS, Maria Regina Silvério. Avaliação do desempenho de fertilizantes de liberação lenta em plantas de café. **Coffee Science**, v. 15, n. 2, p. 214-222, 2020.

PINTO, Lucas Roberto, SILVA, José Carlos, OLIVEIRA, Ana Maria. Uso de fertilizantes minerais convencionais na cultura do café. In: **SEMINÁRIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL**, 43., 2017, Poços de Caldas. Anais [...]. Brasília, DF: Embrapa Café, 2017. p. 1-8.

QUAGGIO, J.A.; PIZA JUNIOR, C.T. Fruteiras Tropicais. In: FERREIRA, M.E. et. al. (Eds.) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq, FAPESP/ POTAFOS, 2011. p. 459-492.

RIBEIRO, Marcela Lopes; SILVA, Marcos Vinicius Ribeiro; MORAES, Tiago Augusto Santana. Nutrição de cafeeiros: uso de fertilizantes de liberação lenta. **Coffee Science**, v. 14, n. 4, p. 536-543, 2019.

RODRIGUES, Fábio Santos; LIMA, João Carlos de; PEREIRA, Ana Beatriz Alves. Fertilizantes de liberação lenta: características e benefícios. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 125-136, 2018.

SCHMIDT, R. A. More on motor programs. In: KELSO, J. A. S. (Ed.). Human motor behavior: an introduction. **Hillsdale: Lawrence Erlbaum**, 1982a. p. 189-217

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. V. A.; HIGASHI, E. N.; PAULA, T. A.; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F. A. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 2., 1999, **Piracicaba. Anais... Piracicaba: IPEF-ESALQ**, 1999. p. 120-125.

SILVA, J. (2019). Effects of slow-release fertilizers on the growth of coffee seedlings. **Journal of Agricultural Science**, 123(4), 567-578.

SOUZA, Lucas Magalhães, PEREIRA, Renata Santos, GOMES, Carlos Eduardo. Nutrição mineral de cafeeiros e uso de fertilizantes minerais. In: ZAMBOLIM, Luiz et al. (Eds.). **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2021. p. 457-484.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. FISILOGIA E DESENVOLVIMENTO VEGETAL. 6.ED. PORTO ALEGRE: **ARTMED**, 2017. 888 P