

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA- INPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO  
ÚMIDO-PPG-ATU

**CALAGEM, ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO  
ESTABELECIMENTO DE MUDAS CLONAIS DE CAFÉ CONILON BRS  
OURO PRETO NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Jaíne Luiza Souza Calabazas

Manaus, Amazonas

Julho, 2023

Jaíne Luiza Souza Calabazas

**CALAGEM, ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO  
ESTABELECIMENTO DE MUDAS CLONAIS DE CAFÉ CONILON BRS  
OURO PRETO NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Agricultura no Trópico Úmido-PPG-ATU.

**Orientador: Newton Paulo de Souza Falcão Dr.**

**Coorientadora: Danielle Monteiro de Oliveira Dra.**

Manaus, Amazonas

Julho, 2023



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO




## Folha de Aprovação


Banca Julgadora, abaixo assinada, **aprova** a Dissertação de Mestrado:


**Título:** Calagem, adubação orgânica e mineral no estabelecimento de mudas clonais de café conilon BRS Ouro Preto na Amazônia Central

**Autora:** Jaíne Luiza Souza Calabazas

**Banca Julgadora:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Sônia Seha Alfaia (Inpa)**  
(Membro titular)

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Maria do Rosário Lobato Rodrigues (Embrapa)**  
(Membro titular)

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Francisca das Chagas do Amaral Souza (Inpa)**  
(Membro titular)

Manaus (AM), 08 de agosto de 2023.

---

C142c Calabazas, Jaíne

Calagem, adubação orgânica e mineral no estabelecimento de mudas clonais de café Conilon BRS Ouro Preto na Amazônia central / Jaíne Luiza Souza Calabazas; orientador Newton Paulo de Souza Falcão; coorientadora Danielle Monteiro de Oliveira. - Manaus: [s.l.], 2023.

1,10 MB

52p. : il. color.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Agricultura em Trópico Úmido) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2023.

1. Solos amazônicos. 2. Nutrição de plantas. 3. Coffea canephora. I. Falcão, Newton Paulo de Souza. II. Oliveira, Danielle Monteiro de. III.

Título

CDD 633.73

---

## **DEDICO**

Aos meus pais, Vandenilza Silva de Souza e Edmilson Medrano Calabazas pela base como pessoa, carinho e toda dedicação. Ao meu irmão, Everson Calabazas, minha maior influência desde sempre.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA pela oportunidade de estudo.

À FAPEAM pela bolsa concedida.

Ao meu orientador, Dr. Newton Paulo de Souza Falcão e coorientadora Dra. Danielle Monteiro, pela contribuição e toda paciência nessa fase da minha formação profissional.

Aos docentes e servidores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia por todos os ensinamentos, em especial ao coordenador Dr. Rogério Eiji Hanada.

Aos técnicos do laboratório Temático de solos e Plantas, Roberta Silva, Mozanei Porfírio, Laura Oliveira, Jonas Moraes, Erison Carvalho, Priscila Santos e Gabriela Carvalho.

Aos funcionários da Estação Experimental de Fruticultura Tropical ( EEFT) do INPA, pela ajuda durante o trabalho em campo.

Ao grupo Terra Preta Nova, por toda ajuda durante o experimento, troca de conhecimento e experiências de vida, especialmente João Cleber Cavalcante, Rúbia Ribeiro, Ana Beatriz, Rafaele Aoki e Breno Correia.

Aos meus familiares, pelo apoio na caminhada até aqui, por compreender os momentos de adversidades. Ao meu sobrinho, Nicolas Costa Calabazas, meu pequeno ponto de paz.

Ao meu companheiro desta e de outras jornadas da vida, Matheus Brasil que nunca mediu esforços para me ajudar.

Às minhas amigas, Rayane Gonçalves por todo apoio intelectual e emocional. E Luciana Calabazas por toda confiança depositada e conselhos.

À sra. Jacqueline Zani e sr. César Zani pelo imenso apoio, em especial aos estudos.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada!

**Epígrafe**

Todas as vitórias ocultam uma abdicação

- Simone de Beauvoir

## RESUMO

A crescente implantação de clones de café conilon (*Coffea canephora*), com alto potencial produtivo e mais exigentes nutricionalmente, somada a expansão da cafeicultura em regiões com baixa fertilidade, como o Amazonas, demonstram a necessidade de pesquisas voltadas a fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas, a fim de otimizar o uso dos fertilizantes para um sistema mais produtivo. Este projeto teve por objetivo avaliar a influência da calagem associada a adubação orgânica e mineral, para o estudo da fertilidade do solo, desenvolvimento inicial e estado nutricional de mudas de café conilon em condições de campo, em um Latossolo Amarelo Distrófico da Amazônia central. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Fruticultura Tropical (EEFT) do INPA- BR 174, em Manaus-Amazonas. O delineamento experimental realizado em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos (T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha) e quatro repetições. Durante doze meses foram realizadas avaliações biométricas: altura da planta, número de folhas, número de ramos ortotrópicos, diâmetro da base. Além da determinação das concentrações de macro e micronutrientes nas plantas e solo. O tratamento completo com calagem + adubo orgânico + NPK (T5) influenciou na fertilidade do solo, no qual reduziu a acidez ( $H^+$ ) e ( $Al^{3+}$ ) e aumento nos teores de Ca, Mg e Zn. Para a biometria, o tratamento com calagem + adubação orgânica (T4) teve resultados superiores em relação aos demais, demonstrando diferenças significativas para número de folhas, altura e diâmetro do coleto. As concentrações foliares também foram influenciadas pelo tratamento completo (T5), consequentemente apresentou resultados positivos para o crescimento das mudas e no estado nutricional do café Conilon BRS Ouro Preto.

Palavra-chave: *Coffea canephora*, café Robusta, fertilidade do solo, nutrição de plantas.



## ABSTRACT

The increasing implantation of clones of conilon coffee (*Coffea canephora*), with high productive potential and more nutritionally demanding, added to the expansion of coffee growing in regions with low fertility, such as the Amazon, demonstrate the need for research focused on soil fertility and mineral nutrition. of plants, in order to optimize the use of fertilizers for a more productive system. This project aimed to evaluate the influence of liming associated with organic and mineral fertilization, for the study of soil fertility, initial development and nutritional status of conilon coffee seedlings under field conditions, in a Dystrophic Yellow Latosol of central Amazonia. The experiment was carried out at the Experimental Tropical Fruit Growing Station (EEFT) of INPA-BR 174, in Manaus-Amazonas. The experimental design was carried out in randomized blocks (DBC) with five treatments (T1, control; T2, dolomitic limestone; T3, dolomitic limestone + NPK formulation (4-14-08); T4, dolomitic limestone + chicken manure; T5, limestone dolomitic + formulation (4-14-08) NPK + chicken manure) and four replications. During twelve months, biometric evaluations were carried out: plant height, number of leaves, number of orthotropic branches, base diameter. In addition to determining the concentrations of macro and micronutrients in plants and soil. The complete treatment, with liming + organic fertilizer + NPK (T5) influenced soil fertility, which reduced acidity ( $H^+$ ) and ( $Al^{3+}$ ) and increased Ca, Mg and Zn contents. For the biometrics, the treatment with liming + organic fertilization had superior results in relation to the others, demonstrating significant differences for the number of leaves, height and diameter of the stem. Leaf concentrations were also influenced especially by the complete treatment (T5), consequently presented positive results for the growth of the changes and in the nutritional status of the Conilon BRS Ouro Preto coffee.

Keywords: *Coffea canephora*, Robusta coffee, soil fertility, plant nutrition.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo geral .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
3. Revisão de literatura .....	3
3.1. A cultura do café no Brasil .....	3
3.2 A expansão do cultivo do café na região norte .....	3
3.3 Características do café Conilon .....	4
3.4 Conilon BRS Ouro Preto .....	5
3.5 Exigência nutricional .....	5
3.6 Solos da Amazônia .....	6
3.7 Latossolo .....	6
4. Adubação .....	7
4.1 Adubação mineral .....	7
4.2 Adubação orgânica .....	8
4.3 Calcário .....	9
4.4 Avaliação da Fertilidade do Solo .....	10
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
5.1. Características da área de estudo .....	11
5.2 Solo da área de estudo .....	12
5.3 Delineamento experimental e tratamentos .....	12
5.4 Produção e plantio das mudas de café Conilon .....	14
5.5 Características avaliadas .....	15
5.5.1 Atributos químicos do solo .....	15
5.5.2 Concentração de nutrientes nas folhas .....	16
5.5.3 Variáveis biométricas .....	17
6. Análise estatística .....	17
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
7.1 Efeito dos tratamentos nos atributos químicos do solo .....	17
7.1.1 Efeito dos tratamentos no pH (H <sub>2</sub> O), na acidez trocável (Al <sup>3+</sup> ) e acidez potencial (H+Al <sup>3+</sup> ) .....	18
7.1.2 Efeito dos tratamentos na soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions efetiva (t) .....	19
7.1.3 Efeito dos tratamentos na percentagem de saturação por bases (V%) e na percentagem de saturação por alumínio (%m) .....	20
7.1.4 Efeito dos tratamentos nos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Fe, Zn e Mn) no solo .....	21
7.2 Efeito dos tratamentos nos teores de nutrientes nas folhas .....	24
7.3 Efeito dos tratamentos nas variáveis de crescimento das plantas .....	28
7.3.1 Crescimento em diâmetro do coleto .....	28

7.3.2 Crescimento em altura .....	29
7.3.3 Ganho foliar .....	30
7.3.4 Hastes ortotrópicas .....	31
8. CONCLUSÕES .....	32
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 . Atributos químicos e físicos do Latossolo Amarelo distrófico procedente da Estação Experimental de Fruticultura do INPA, Manaus, AM. ....	12
Tabela 2 . Propriedades químicas do esterco de galinha. ....	14
Tabela 3 . Média dos teores e atributos químicos do solo após 12 meses da aplicação dos tratamentos (profundidade 0-20 cm). Tratamentos: T1, controle; T2, calagem; T3, calagem + NPK; T4, calagem + esterco e T5, calagem + NPK+ esterco de galinha. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ....	20
Tabela 4 . Médias das concentrações de nutrientes em folhas de Coffea canephora aos 12 meses após o plantio com aplicação de diferentes tratamentos. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ....	25

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do experimento. Fonte: Google Earth, Simple-Mappr .....	11
Figura 2: Croqui do experimento e distribuição casualizada nos bloco (I,II,III,IV)...	13
Figura 3: Piqueteamento e preparo das covas com calagem .....	14
Figura 4: Valores médios e desvio padrão do diâmetro da haste principal de mudas de café conilon sob diferentes adubações ( T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha), Manaus- Am 2023 .....	29
Figura 5: Valores médios e desvio padrão da altura da haste principal de mudas de café conilon sob diferentes adubações (T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha), Manaus- Am 2023 .....	30
Figura 6: Valores médios e desvio padrão do número de folhas de mudas de café conilon sob diferentes adubações ( T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha), Manaus- Am 2023 .....	31
Figura 7: Valores médios e desvio padrão do número de hastes de mudas de café conilon sob diferentes adubações ( T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha), Manaus- Am 2023 .....	32

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro do gênero *Coffea* as espécies *C. arabica* L. (café arábica) e *C. canephora* (café conilon e robusta) têm grande importância econômica no mercado mundial e brasileiro. O *C. canephora* Pierre é originária das florestas tropicais úmidas, de baixas altitudes e elevadas temperaturas, no continente africano (Davis *et al.*, 2006; 2011).

O Brasil é o maior produtor de café do mundo, sua produção está concentrada principalmente nos estados de Espírito Santo e Minas Gerais. Na região Norte do país, o cultivo está concentrado no estado de Rondônia com produção de 2.486,3 mil de sacas beneficiadas, enquanto o Amazonas apresenta números crescentes em relação aos estudos e cultivo de *Coffea canephora*, demonstrando um potencial produtivo com 44,6 mil sacas beneficiadas (CONAB, 2022). No ano de 2021 a produção foi de 168,9 milhões de sacas de 60 kg, sendo o café arábica responsável por 59 % e canéfora com 41% da produção mundial (EMBRAPA, 2022).

Na Amazônia, as lavouras são compostas principalmente por café conilon (*Coffea canephora*) devido a sua boa adaptação ao clima equatorial. A espécie é composta por duas variedades botânicas distintas, denominadas Conilon e Robusta, com destaque para a cultivar clonal BRS Ouro Preto, desenvolvida pela Embrapa (Ramalho *et al.*, 2014). O cultivo de Conilon tem potencial produtivo bastante elevado, pois requer maior demanda por nutrientes para formação dos frutos e crescimento vegetativo, os quais ocorrem concomitantemente (Paye *et al.* 2019; Partelli *et al.*, 2014; Laviola *et al.*, 2007).

Porém, o manejo adequado da cultura ainda é uma das dificuldades encontradas para obtenção de boa produtividade, especialmente em relação a nutrição mineral das plantas. Outras dificuldades encontradas como, deficiências, logística e o baixo nível de tecnologia utilizada torna a cafeicultura pouco competitiva, apesar da sua importância social e econômica no Amazonas. Outro obstáculo para altas produtividades nos cafezais é a baixa fertilidade natural dos solos da Amazônia (Marcolan; Espindula, 2015).

Nesse caso, é necessário realizar o manejo correto para reverter possíveis deficiências estruturais, através do uso de fertilizantes e corretivos de acidez para permitir a construção da fertilidade do solo (Resende *et al.* 2016). A baixa fertilidade encontrada na região Amazônica, está relacionada a fatores como acidez, que

indisponibilizam os macros e micronutrientes, além de possuir alguns elementos em níveis tóxicos como o Al e o Mn; condições de alta temperatura e intensas chuvas, tornando o solo intemperizado (Malavolta, 1993).

Há predominância de latossolos na região, e se apresentam em 95% distróficos e ácidos, possuem baixa capacidade de troca de cátions, com pH variando entre 4,0 - 5,5, são normalmente profundos (> 2 metros), com altas taxas de infiltração, coloração amarela a vermelho- escura, dependendo da concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio presentes (Schaefer *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018). Um dos meios utilizados para melhorar as propriedades químicas e contribuir na recuperação da fertilidade dos solos é a prática da calagem (Ayres e Alfaia, 2007). O uso de calcário dolomítico reduz a elevada acidez característica de solos tropicais, além de disponibilizar  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e neutralizar o  $\text{Al}^{3+}$  trocável, e quando associado à adubação mineral NPK pode aumentar a disponibilidade de P solúvel às plantas, além de fornecer N e K (Falcão e Silva, 2004).

Outro fator que pode ser um aliado ao uso do calcário é a utilização de adubação orgânica, contribuindo para a mobilidade do corretivo aplicado ao solo, devido a disponibilidade de íons fulvatos e ácidos orgânicos de baixa massa molecular (Smith *et al.*, 1995; Liu e Hue, 1996). O adubo orgânico promove a formação de agregados no solo, e permite maior crescimento radicular, aeração, melhoria na absorção de água, nutrientes e boas condições aos organismos decompositores, além de aumentar a disponibilidade de P e matéria orgânica (MOS) (Malavolta, 1980; Prado e Natale, 2004). Em solos com alto teor de matéria orgânica, restos culturais e com adição de esterco de aves, é possível observar maior movimentação do Ca no local da aplicação desse cátion (Liu & Hue, 1996).

Dessa forma, é recomendado investir em práticas de manejo para uso racional de corretivos e fertilizantes a fim de construir uma fertilidade do solo, de modo que as áreas já cultivadas sejam reaproveitadas evitando novas áreas desmatadas. Além disso, auxiliar na nutrição de mudas de café conilon, impedindo assim, que a exigência nutricional da cultura e as condições de fertilidade natural dos latossolos não limitem o crescimento da cafeicultura na região.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o efeito da calagem, adubação orgânica e mineral na fertilidade do solo, no estado nutricional e crescimento do café conilon, em Latossolo Amarelo Distrófico.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar a influência da calagem na disponibilidade dos nutrientes proveniente das adubações orgânica e mineral

Determinar as concentrações de macro e micronutrientes nas plantas de café conilon, após 12 meses do plantio

Avaliar o efeito dos tratamentos nas variáveis biométricas durante o primeiro ano de crescimento, em intervalos de três meses.

## **3. Revisão de literatura**

### **3.1. A cultura do café no Brasil**

O café tem uma grande importância para a economia brasileira, visto que o Brasil é considerado o maior produtor e exportador mundial, e está entre as commodities brasileiras de maior destaque (CAEP, 2019). As grandes exportações têm sido destacadas desde o início do século XX, as exportações de café verde e beneficiado garantem as divisas ao país, também geram impactos no produto interno bruto (PIB) e no uso de mão-de-obra (Sereia *et al.*, 2008). A produção total estimada em 2022 foi de 50.920 mil sacas de café beneficiado, acréscimo de 11,7% em relação à safra anterior (CONAB,2022).

### **3.2 A expansão do cultivo do café na região norte**



Por mais que o café tenha adentrado no Brasil pela Amazônia, a produção comercial nesta região ganhou expressão econômica somente a partir dos anos 1970 em projetos de colonização, especialmente, no Estado de Rondônia. A população proveniente de regiões produtoras de café do restante do país trouxeram para a Amazônia esse cultivo novamente, e dessa vez com técnicas de manejo já estabelecidas. Este movimento se iniciou em Rondônia, que se tornou responsável pela produção de aproximadamente 90% do café na Amazônia (Marcolan; Espindula, 2015).

A variedade conilon tem predominância no Amazonas, devido à sua maior adaptação às condições climáticas da região e rusticidade (Souza *et al.* 2003). A produção da espécie está concentrada em Rondônia com produção de 2.800,5 mil sacas de café beneficiado, em dezembro de 2022 (CONAB, 2022). Para o Amazonas, a produtividade é de 75,3 mil sacas beneficiadas, número semelhante à safra passada.

A produtividade dos cafezais da região normalmente se mostrava com valores baixos, quando comparada a outras cidades produtoras, mas atualmente está passando por um processo de modernização no qual estão sendo implantadas novas tecnologias para o aumento da produtividade (Marcolan, *et al.* 2015). Com melhorias nos padrões tecnológicos, e em relação aos tratamentos culturais como desbrota, poda, assim como métodos da colheita, pós-colheita e nutrição mineral adequada (Marcolan, *et al.* 2009).

### **3.3 Características do café Conilon**

A espécie *C. canephora* faz parte da família Rubiácea e pertence ao gênero *Coffea*, na qual está catalogada cerca de 124 espécies desse gênero (Davis *et al.*, 2011). Essa espécie junto com a espécie *C. arábica* representam em torno de 99% da produção mundial para fins comerciais (Torres, 2019).

Em condições de temperatura e precipitação mais elevadas, as plantas da variedade conilon podem atingir até cinco metros de altura. O cafeeiro conilon apresenta ramos verticais (ortotrópicos) ou hastes, onde estão inseridos os ramos horizontais (plagiotrópicos) ou produtivos. Possui diversas hastes verticais ou caules, sendo caracterizado como arbusto multicaule, sendo essa uma das diferenças entre conilon e arábica (Ferrão *et al.*, 2007). Atualmente são obtidas por meio de estaquia o que permite propagar características benéficas ao clone (Martinez *et al.*, 2012).

### 3.4 Conilon BRS Ouro Preto

Para a seleção dos cafeeiros considerou-se alguns critérios agronômicos: vigor aparente, época de maturação, arquitetura das plantas, produtividade, tamanho de grãos e fatores fitossanitários: tolerância à cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) e mancha-manteigosa (*Colletotrichum* spp.). Após 2 anos de monitoramento em campo, as plantas-matrizes com desempenho geral satisfatório foram propagadas pelo método da estaquia (Veneziano, 2003). Em 1998 iniciou-se um programa de melhoramento genético com o objetivo de explorar a variabilidade fenotípica entre plantas de café, com plantas-matrizes clonadas em viveiro e descarte das mudas com características deletérias e indesejáveis (Ramalho *et al.*, 2014).

O desenvolvimento da BRS Ouro Preto ocorreu a partir da seleção de 153 clones e durante quatro anos (2000-2004) ocorreram testes agronômicos (Veneziano e Fazuoli, 2000; Veneziano *et al.*, 2003; Ramalho *et al.*, 2011). Sendo assim, avaliaram-se quatro safras baseadas no valor genotípico da produtividade, e com isso, selecionaram 15 clones adaptados ao clima da região Amazônica (Ramalho *et al.*, 2015).

### 3.5 Exigência nutricional

O conilon possui alta exigência nutricional, especialmente por se tratar de uma planta perene e por ser arbustiva o período reprodutivo exige ainda mais nutrientes (Malavolta *et al.*, 2002). A nutrição dos cafeeiros é um dos principais elementos que interferem no desenvolvimento e na produtividade da cultura, estudos demonstram que os cafezais recebem em média, de 20 a 30% da adubação necessária, e também passam pelo uso inadequado de corretivos da acidez do solo (Reis; Cunha, 2010). Em geral, o cultivo de café no Brasil está implantado em solos de baixa fertilidade (natural ou solos desgastados) (Rosado *et al.*, 2014).

Dentre os nutrientes demandados inicialmente pelo cafeeiro, destacam-se o nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B) e zinco (Zn). Porém, na fase de formação do cafezal o P é de grande importância, pois o sistema radicular ainda é pouco desenvolvido, e isso limita a absorção desse elemento cujo transporte é efetivado pela difusão (Novais *et al.*, 2007). A deficiência nutricional do cafeeiro

pode ocorrer por diversos fatores, como falta dos nutrientes no solo, adubação inadequada, fatores físicos do solo, fatores biológicos e climáticos (Andrade, 2001).

Os nutrientes são distribuídos nas partes da planta conforme a idade delas. Assim, as plantas mais novas possuem nos frutos uma quantidade relativamente maior de nutrientes em comparação a plantas mais velhas, que tendem a reduzir ainda mais nos anos de baixa produção. Por esse motivo, uma planta jovem torna-se mais exigente em nutrientes, na fase de produção de frutos a demanda nutricional pode duplicar ou até mesmo triplicar (Reis; Cunha, 2010).

Alguns níveis nutricionais são propostos para o cultivo de cafeeiros em solos brasileiros variando entre pobre, baixo a médio, adequado e alto. As médias obtidas nas áreas com e sem manejo de solo foram consideradas em nível pobre para pH ( $< 5$ ), P ( $< 10 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Ca ( $< 2 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) e Zn ( $< 2 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Matiello *et al.*, 2010).

### **3.6 Solos da Amazônia**

Os solos predominantes em ambientes de terra firme na Amazônia possuem limitações nutricionais, apesar de apresentarem características físicas favoráveis à prática agrícola (Cravo e Smyth, 1997; Radambrasil, 1975). Essas limitações em geral, incluem deficiência de macro e micronutrientes, baixa CTC e elevada acidez (Sanchez & Cochrane, 1980). Características derivadas de sua formação por rochas sedimentares e ígneas (Macêdo e Rodrigues, 2000).

Dentre as principais classes encontradas na Amazônia Legal, os Latossolos (Oxisols) e Argissolos (Ultisols) representam cerca de 75% dos solos da região. A maioria dos solos da região são distróficos ( $V\% < 50$ ) ou álicos ( $m\% > 50$ ) (Rodrigues, 1996). São caracterizados por apresentar baixa atividade dos minerais de argila como a caulinita, hidróxidos de ferro, baixa disponibilidade de fósforo, grande concentração de alumínio trocável, em alguns casos, manganês, e em níveis tóxicos para a maioria das plantas (Sanchez e Cochrane, 1980).

### **3.7 Latossolo**

A maior parte dos solos no Brasil são representados por Latossolos com predominância de argila do tipo caulinita (Lepsch, 2002). Na Amazônia, essa é a principal classe de solos e suas unidades geomorfológicas são terras altas, que caracterizam a planície amazônica como solos ácidos e de textura variada (Sombroek, 1966). Esses solos não sofrem influência das cheias e abrange uma grande diversidade de solos com distintas formações genéticas, sendo o latossolo amarelo distrófico predominante na região amazônica, com variação no conteúdo de argila (Falesi, 1972). São solos distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5, com toxidez de alumínio (solos álicos), com baixa capacidade de troca de cátions, com presença de argilas de baixa atividade, geralmente muito profundos (> 2 metros), bem drenados e de cor amarela a vermelho-escura (dependendo da variação na concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio). São típicos de regiões de clima tropical úmido e semiúmido bastante utilizados na agricultura, sendo conhecidos como solos de baixa fertilidade (Ferreira, 2016).

#### **4. Adubação**

##### **4.1 Adubação mineral**

A adubação mineral proporciona através do fornecimento de nutrientes às plantas, os compostos minerais que têm origem inorgânica, natural ou sintética. Esta adubação tem o objetivo de eliminar ou reduzir as deficiências nutricionais, após o diagnóstico da análise de solo ou foliar, utilizam-se adubos minerais/sintéticos que contém N, P e K. A adubação mineral é disponibilizada para que haja assimilação ou pequenas transformações no solo, por isso a aplicação de adubos minerais auxilia no rápido desenvolvimento vegetativo das plantas (Filgueira, 1987).

O uso de adubo mineral pode fornecer diversos nutrientes às plantas em quantidades adequadas, favorecendo seu desenvolvimento. Porém, ainda há questões ligadas a adubação mineral e o impacto ambiental gerado ocasionando poluição, quando a parte que não é absorvida pela planta é lixiviada e lavada pelas águas da chuva e percola para o lençol freático, rios e lagos, causando eutrofização ou outros problemas ambientais (Primavesi *et al.*, 2006).

O crescimento e o desenvolvimento dos cafeeiros dependem, além de fatores como luz, água e gás carbônico, dependem também de um fluxo contínuo de sais minerais. Os minerais embora solicitados em pequenas quantidades são indispensáveis para o desempenho das principais funções metabólicas da célula (Bonato *et al.*1998).

Devido sua elevada acidez, os latossolos são considerados como grandes fixadores de fósforo (Ker, 1996), em decorrência da sua rápida adsorção nos colóides e pela formação de precipitados como fosfatos de cálcio, magnésio, ferro ou de alumínio (Raij *et al.*, 2001). Portanto, em ambientes com predomínio desse tipo de solo o fósforo torna-se um elemento limitante para diversas culturas, seguido pelo nitrogênio e pelo potássio (Cravo e Smyth, 1997). Cerca de 96% dos solos na região amazônica são deficientes em fósforo, com o teor total desse elemento normalmente abaixo de 200 mg.dm<sup>-3</sup>, sendo desse total grande parte fixado na matéria orgânica, porém indisponível às plantas (Sanchez e Salinas, 1981).

Lavouras perenes com pouco ou nenhum manejo de solo têm maiores chances de possuir o teor de fósforo como um fator ainda mais limitante, portanto o manejo e fornecimento de nutrientes por meio de práticas de calagem e adubação, é muito importante para o sucesso da cafeicultura (Matiello *et al.*,2002)

## **4.2 Adubação orgânica**

Os solos amazônicos apresentam rápidos declínios de fertilidade natural. E possuem níveis que variam de médio a baixo em relação a matéria orgânica do solo (MOS), geralmente estão associadas à rápida mineralização de nutrientes em razão das condições de umidade presente na região durante grande parte do ano. Essa quantidade de MOS resulta em baixa retenção de cátions, e por consequência, os solos ficam suscetíveis a lixiviação dos nutrientes (Luizão *et al.*, 2009).

Em solos tropicais a matéria orgânica tem decomposição acelerada, por isso é necessário que haja reposição constantemente do material vegetal para continuar disponibilizando benefícios ao ambiente (Costa *et al.*, 2013). A MOS atua também na formação de agregados estáveis, retenção de umidade, aeração e proteção da superfície do solo. Além de exercer funções biológicas como imobilização e liberação

de nutrientes, ela também age na troca de cátions e estocagem de carbono (Craswell e Lefroy, 2001; Bernardi *et al.*, 2002).

A cama de frango é um resíduo oriundo dos processos produtivos da avicultura, o aumento da produção de frango no Brasil gera um volume elevado desse subproduto (Valadão *et al.*, 2011). É composto por excrementos de aves, penas, materiais orgânicos utilizados sobre os pisos das granjas e também possui restos da ração desperdiçadas dos comedouros. Esse material, possui alta concentração de nutrientes, como o carbono orgânico e nitrogênio total, cálcio, magnésio, enxofre, além dos micronutrientes (Adeli *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2009)

### 4.3 Calcário

O calcário por definição é uma rocha sedimentar de carbonato de cálcio (arogomita e calcita), chamado de dolomítico quando o mineral predominante é a dolomita. É utilizado para corrigir o pH do solo e fornecer os nutrientes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . (Galopim, 2006). A prática de calagem é indicada para solos ácidos, e para promover além de outros benefícios, a neutralização do alumínio tóxico e maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, tornando mais eficaz o uso dos nutrientes e da água disponíveis no ambiente (Raij, 2011), eliminando possíveis barreiras químicas existentes no solo.

O cálcio apresenta funções importantes na planta, como: elemento estrutural, possibilitando estabilidade, regulação osmótica, divisão e expansão celular, fase importante para o crescimento das raízes e dos tubos polínicos (reprodução), possibilita também a sinalização dos processos de defesa da planta. A rigidez é outro benefício fornecido pelo cálcio, pois participa da formação da parede celular tornando os tecidos mais firmes, além de evitar o tombamento ou quebra das hastes durante a produção dos frutos (Kerbaui, 2004).

Há solos que são naturalmente ácidos, muitas vezes devido a pobreza do material de origem. Em outros casos, sofreram processos de perdas naturais das bases, especialmente de potássio, cálcio e magnésio. O processo de acidificação é resultado da remoção de cátions trocáveis da superfície dos colóides, por meio da água da chuva; decomposição da matéria orgânica; troca iônica, entre outros (Caires, 2002).

A baixa fertilidade encontrada em solos ácidos normalmente está relacionada à escassez de bases trocáveis e devido ao excesso de alumínio e manganês em níveis tóxicos. Consequentemente, devido à baixa fertilidade há prejuízos para as culturas que acabam recebendo de forma inadequada fertilizantes que acidificam o solo, e o problema é agravado caso não haja um planejamento adequado com uso da calagem (Malavolta, 2006).

O uso de calcário é considerado um investimento, devido a durabilidade dos seus benefícios no ambiente. Recomenda-se incorporar o calcário no solo para atingir as camadas necessárias devido a sua baixa mobilidade, é indicado usá-lo na fase de estabelecimento das culturas perenes, caso o solo não seja corrigido corretamente no início do cultivo poderá comprometer a produtividade por anos. Assim, a incorporação do calcário com as camadas do solo facilita a neutralização da acidez, obtendo resultados satisfatórios mais rapidamente, permitindo o desenvolvimento de raízes e aproveitamento dos insumos contidos nas camadas corrigidas (Natale *et al.*, 2007).

#### **4.4 Avaliação da Fertilidade do Solo**

Atualmente a agricultura sugere o uso de fertilizantes e corretivos em quantidade adequadas, a fim de atender a economia e, ao mesmo tempo, conservar a fertilidade do solo para manter ou aumentar a produtividade das culturas. Para que isso ocorra é necessário observar as condições do solo, identificar possíveis fatores limitantes e verificar os nutrientes disponíveis e, assim adaptar as práticas de calagem e adubação (Raij, 1981). Um dos maiores contribuintes para o aumento da produtividade das culturas são os fertilizantes (Reis *et al.*, 2002). Antes de realizar o uso desse insumo é essencial realizar a caracterização química dos solos, para saber contornar possíveis limitações ao desenvolvimento da planta (Botelho *et al.*, 2010).

Por definição, a fertilidade do solo está relacionada com a disponibilidade dos nutrientes que a planta pode absorver durante o seu ciclo de vida (Raij, 1991). A fertilidade possui um papel bastante importante para o cafeeiro, de maneira que expresse seu potencial máximo de produtividade. Além disso, a fertilidade é um dos requisitos básicos e importantes na conservação da água e do ambiente.

Para Ferreira (2011), A avaliação da fertilidade do solo envolve processos de amostragem, métodos de análise, técnicas de diagnóstico dos resultados, modelos de interpretação e de recomendação de corretivos e fertilizantes. A primeira e principal etapa para verificar a fertilidade é a amostragem do solo, pois através da análise química das amostras se realizará a interpretação dos dados, e a partir dos resultados serão definidas as doses de corretivos e de adubos.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Características da área de estudo

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Fruticultura Tropical – EEFT/INPA (02°37'12”S e 60°02'27”O) no Km 42 da BR 174 no município de Manaus, Estado do Amazonas, Brasil. Köppen (1948) classifica o clima como Tropical úmido e subúmido com temperatura média de 26,7 °C, mínima de 23,3 °C e máxima de 31,4 °C, precipitação média anual de 2.286 mm e umidade relativa do ar de 80% (Alvares *et al.*, 2013).

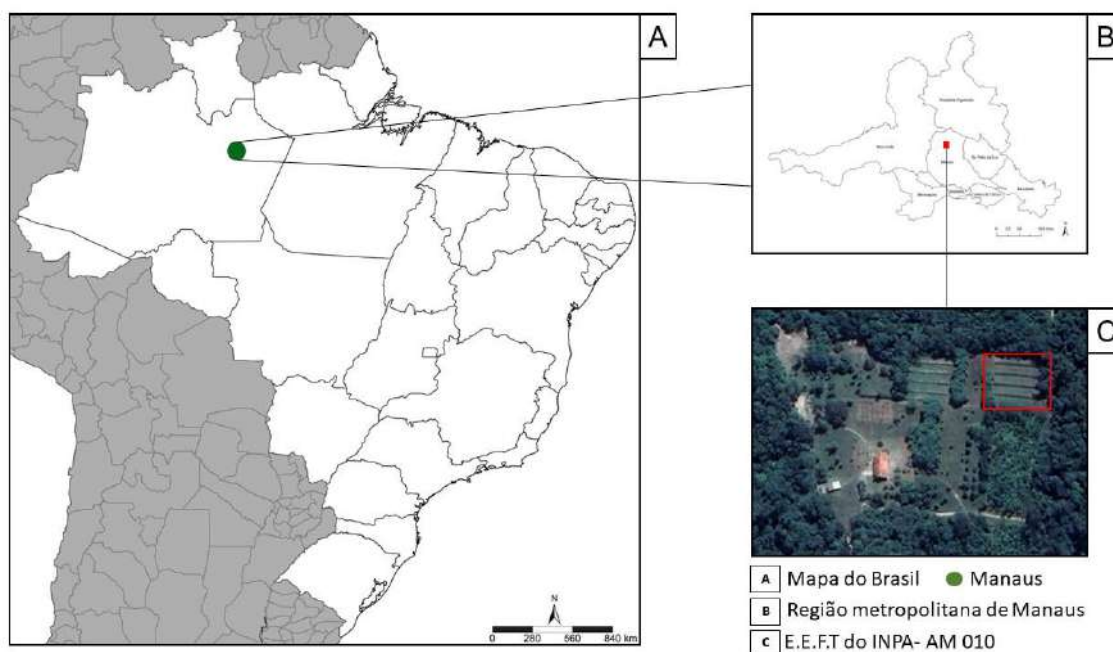


Figura 1: Localização do experimento. Fonte: Google Earth, Simple-Mappr



## 5.2 Solo da área de estudo

O solo da área experimental é classificado como um Latossolo Amarelo distrófico (LAd), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.*, 2018), uma capoeira com mais de 30 anos, anteriormente havia sido cultivadas diversas frutíferas, a área foi manejada sem o uso de fogo ou máquinas pesadas. Antes da instalação do experimento realizou-se a caracterização química e física de amostras compostas de solo nas profundidades de 0-20 cm, no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, AM (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do Latossolo Amarelo distrófico procedente da Estação Experimental de Fruticultura do INPA, Manaus, AM.

pH	Ca	Mg	Al	H + Al	K	P	Fe	Zn	Mn
H <sub>2</sub> O	-----cmolc kg <sup>-1</sup> -----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----			
4,48	0,27	0,12	0,7	3,29	0,21	2,45	293	0,42	2,5
C	N	MO	T	t	V	m	Argila	Areia	Silte
-----cmolc kg <sup>-1</sup> -----			---cmolc kg <sup>-1</sup> --		-----%-----		-----g kg <sup>-1</sup> -----		
9,36	0,84	16,11	3,05	1,3	19,67	53,84	410	508,7	81,1

H+Al: acidez potencial; T: capacidade de troca de cátions potencial; t: capacidade de troca de cátions efetiva; v: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

## 5.3 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco (5) tratamentos (T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK; T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha). A área total do experimento é ocupada por 1.519 m<sup>2</sup>, com quatro (4) blocos, de 9,00 m de largura por 45,00 m de comprimento, um total de 405,0m<sup>2</sup> e espaçamento de 2,25 m entre cada bloco. Ao todo, vinte (20) parcelas experimentais com 9,00 m de comprimento por 9,00 m de largura, totalizando 81 m<sup>2</sup>.

O café canéfora foi implantado em consórcio com pau-rosa (*Aniba roseadora*), onde cada parcela é constituída por duas linhas de *Coffea canephora* (6 plantas cada) e uma linha central de *Aniba roseadora*, foram avaliadas as 4 plantas centrais de cada

linha. Utilizou-se quatro clones de café Conilon (C-089; C-125; C-203; C-057) para compor o experimento. E um total de 240 mudas de café com espaçamento de 3,0 m entre linhas e 1,5 m entre plantas, sendo 160 plantas úteis (Figura 2).

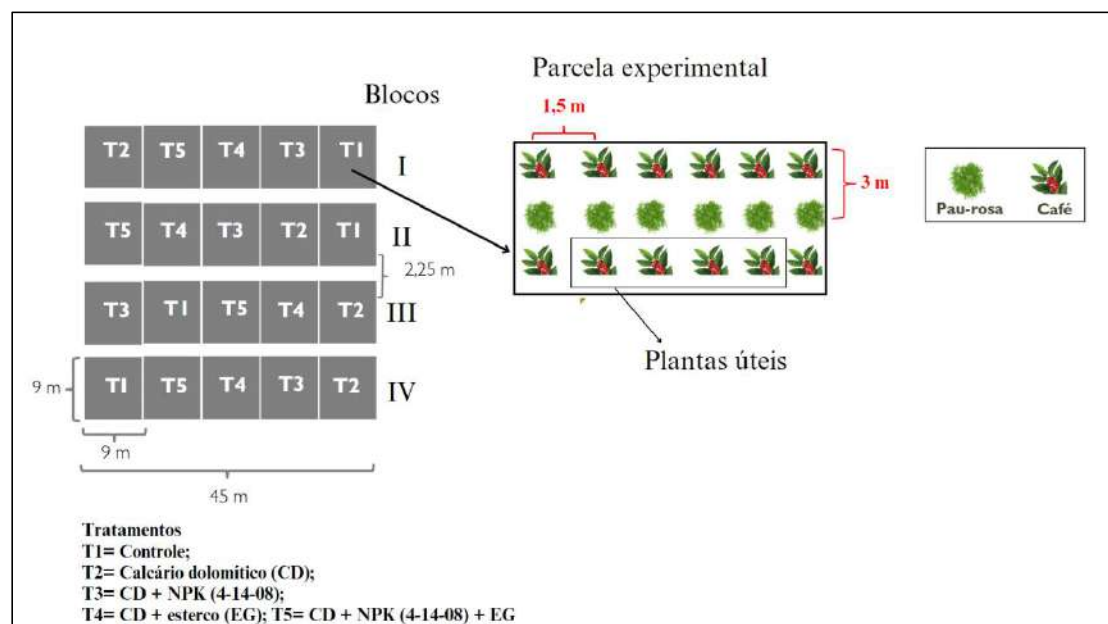


Figura 2: Croqui do experimento e distribuição casualizada nos bloco (I,II,III,IV).

As covas têm dimensões de 30x30x30 cm, e foram primeiramente preparadas para receber a calagem, após dois meses receberam formulado NPK 04-14-08 juntamente com esterco de galinha nas proporções determinadas a partir das análises químicas de solo. Os tratos culturais, manejo, irrigação seguiram as recomendações técnicas para a cultura do sistema de produção para o cultivo de café na Amazônia (Marcolan *et al.*, 2009).

O calcário dolomítico aplicado na quantidade de 2 t ha<sup>-1</sup>, sendo distribuído metade na cova e metade em área total. O esterco de galinha aplicado em dose única 6.66 t ha<sup>-1</sup>. E a adubação mineral, também em dose única, com NPK 04-14-08 na quantidade total de 300 g/planta.



Figura 3: Piqueteamento e preparo das covas com calagem

O esterco de galinha foi adquirido na granja de frango Ovos São Pedro, situada no município de Manaus, Estado do Amazonas. A empresa prioriza a produção de ovos e venda da carne de frango, o esterco é um subproduto da cadeia produtiva. Realizou-se as análises das propriedades químicas nesse composto, utilizando a metodologia proposta para análise de material orgânico pela Embrapa (1999) (Tabela 2).

Tabela 2. Propriedades químicas do esterco de galinha.

Material	pH	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
	H <sub>2</sub> O	-----g kg <sup>-1</sup> -----				-----mg kg <sup>-1</sup> -----			
esterco	9,7	11,7	35,8	27,4	191,8	12,9	3. 570	488	429,3

#### 5.4 Produção e plantio das mudas de café Conilon

As mudas de café Conilon foram adquiridas do viveiro da Associação Solidariedade Amazonas (ASA), localizado no município de Silves (AM). E são propagadas pelo método da estaquia, retirando-se das plantas matrizes os ramos ortotrópicos, esses ramos são coletados e inseridos em água, em seguida os ramos laterais e as partes lenhosas são descartadas e individualiza-se os nós, cortando-os em estacas de 5 cm. Enquanto as folhas laterais aos nós devem ser cortadas ao meio, e a

parte superior da estaca recebe um corte reto acima do local de inserção do ramo plagiotrópico, ao passo que a parte inferior recebe um corte em bisel (Martinez *et al.*, 2012).

Os critérios de seleção das mudas incluíram a uniformidade de tamanho, idade (120 dias de vida) o estado fitossanitário e o vigor. Optando-se por escolher quatro (4) clones distintos, entre os 15 clones que compõem a cultivar Conilon BRS Ouro Preto, seguindo as possíveis combinações entre grupos compatíveis (Ramalho *et al.*, 2014).

Após o preparo da área e adubação, as mudas foram transplantadas do viveiro para as unidades experimentais, em campo. No plantio foi realizado o corte de 3 cm acima do sistema radicular de cada planta, em seguida retiradas do antigo recipiente e transferidas ao solo na forma de “raiz nua”. Após 90 dias de plantio, realizou-se a poda de formação das mudas, com a retirada da parte apical e também os ramos baixios, com auxílio da tesoura de poda. A partir da recomendação em relação a densidade de plantas por lavoura e da disponibilidade de espaço, optou-se por conduzir os cafeeiros com 4 hastes ortotrópicas, 2.222 plantas ha<sup>-1</sup> ou 9.000 hastes ha<sup>-1</sup> (Marcolan *et al.*, 2009).

## **5.5 Características avaliadas**

### **5.5.1 Atributos químicos do solo**

A coleta de solo foi realizada em dois momentos, inicialmente para caracterização da área e ao final dos doze meses para verificar alterações após manejo, com auxílio de trado holandês e baldes para homogeneizar o solo. Retirou-se amostras simples com profundidade de 0-20 cm e transformadas em uma amostra composta, posteriormente identificadas e encaminhadas para secagem, em casa de vegetação. Foi realizado o destorroamento, e em seguida peneiradas (malha 2 mm), transformadas em terra fina seca ao ar (TFSA) e por fim, realizada a caracterização química no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA- Manaus, AM.

O método EMBRAPA (1999) foi utilizado para determinar: o potencial hidrogeniônico (pH), acidez potencial (H+Al), alumínio trocável (Al<sup>+3</sup>), o cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn),

nitrogênio (N), além da granulometria. Após obter esses dados realizou-se o cálculo da soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), potencial (T) e saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m %).

**Equações:**

1.  $SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$  (cmolc  $dm^{-3}$ )

SB- Soma de bases (cmolc  $kg^{-3}$ )

2.  $t = SB + Al^{3+}$

t- capacidade de troca de cátions efetiva (cmolc  $dm^{-3}$ )

3.  $T = SB + (H^+ + Al^{3+})$

T- Capacidade de cátions potencial (cmolc  $dm^{-3}$ )

$Al^{3+}$  - Alumínio trocável (cmolc  $dm^{-3}$ )

$H^+ + Al^{3+}$  - Acidez potencial (cmolc  $dm^{-3}$ )

4.  $V\% = (SB/T) \cdot 100$

V%- Saturação por bases

5.  $m\% = (Al^{3+} / t) \cdot 100$

m%- Saturação por alumínio

### 5.5.2 Concentração de nutrientes nas folhas

As folhas foram coletadas para determinação dos macros e micronutrientes ao final dos doze meses do experimento. Retirou-se folhas do terceiro ou quarto par de folhas (contando da ponta para a base) em ramos situados na altura média do cafeeiro e nos quatro pontos cardeais, as amostras foram identificadas e armazenadas em sacos de papel. Posteriormente, o material foliar foi lavado com jato contínuo de água comum e água destilada, com secagem em estufa a 65° C.

Após a limpeza das folhas, foram encaminhadas ao laboratório temático de solos e plantas (LTSP), as amostras foram trituradas em moinho tipo Willey e submetidas ao processo de determinação dos nutrientes. Pesou-se 0,5 g do material moído para as concentrações de P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn através da digestão nítrico-perclórica em temperatura variado de 50 °C até 210 °C. A determinação do fósforo realizada por espectrofotometria a 725 nm e o K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn, por meio da espectrometria de absorção atômica (Malavolta *et. al.*, 1997).

O N total vegetal será determinado pelo método de Kjeldahl (Miyzawa *et al.*, 1999), onde o material vegetal seco passou pela digestão sulfúrica (( $H_2O_2$ ) +  $H_2SO_4$ )

em temperatura gradativa de 50 em 50°C até 350 °C, a fim de acelerar a oxidação da matéria orgânica, e então determinado o valor de N da amostra.

### **5.5.3 Variáveis biométricas**

As variáveis de desenvolvimento (biometria) das plantas foram avaliadas a partir da 1ª poda (90 dias do plantio) e a cada três meses, durante doze (12) meses. Foram coletados os dados do número de folhas, considerando apenas as folhas totalmente expandidas; número de ramos ortotrópicos lançados, além dos 4 pré determinados; altura da planta (colo até a gema apical) utilizando-se fita métrica, e diâmetro do coleto, com auxílio do paquímetro digital.

## **6. Análise estatística**

Os dados biométricos, os atributos químicos do solo e análises foliares foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro Wilk ( $p < 0,05$ ), comparados pela análise de variância (ANOVA), obtendo-se resposta pelo teste F, e tendo diferença significativa os dados foram submetidos ao teste de Tukey (5%) para comparação de médias utilizando o software estatístico R (Venables e Smith, 2005).

## **7. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **7.1 Efeito dos tratamentos nos atributos químicos do solo**

A caracterização inicial (TABELA 1) do solo demonstrou acidez ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 4,48$   $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ), elevação por alumínio ( $m = 53,84 \%$ ) e baixa soma de bases ( $0,6 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ), atributos comumente encontrados em Latossolo amarelo. Diante dessas condições, realizou-se o manejo do solo com calagem para aumentar a fertilidade e disponibilidade dos nutrientes utilizados pelas mudas de café Conilon.

Os tratamentos realizados neste experimento evidenciaram, através da análise de variância (ANOVA), efeito significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ) para os atributos pH ( $\text{H}_2\text{O}$  e KCl),  $\text{Al}^{3+}$  e teores de Ca, Mg, P e Zn no solo. E efeito não significativo para os demais teores C, MO, K, N, Fe e Mn.

### **7.1.1 Efeito dos tratamentos no pH (H<sub>2</sub>O), na acidez trocável (Al<sup>3+</sup>) e acidez potencial (H+Al<sup>3+</sup>)**

O manejo com a calagem nos tratamentos com ou sem adubação orgânica e mineral influenciou nos valores médios de acidez do solo, após 1 ano da aplicação no local (TABELA 4). Todos os tratamentos foram estatisticamente diferentes da testemunha T1 (pH= 4,48), as alterações no pH estão diretamente relacionadas à prática da calagem, além dos maiores teores de nutrientes presentes no esterco, como encontrado em T5 (pH= 6,11).

Os resultados encontram-se próximo a faixa indicada para o cultivo de cafeeiros em período reprodutivo (5,5- 6,5) (Guarçoni, 2017). Em estudo realizado com mudas clonais de café conilon, também demonstrou as melhores respostas nos tratamentos com pH variando de 5,6-6,3 (Balbino, 2016). Isso pode ser justificado devido a elevação do pH possibilitar o aumento dos teores de nutrientes essenciais, dos atributos do solo, além da redução do Al que pode ser tóxico para as plantas (Abreu Junior *et al.* 2003).

Para o alumínio (Al<sup>3+</sup>) também observou-se alterações após o manejo do solo com a calagem. A testemunha T1 (0,68 cmolc kg<sup>-1</sup>) foi estatisticamente diferente dos demais, houve redução a partir de T2 (0,18 cmolc kg<sup>-1</sup>), em T3 (0,30 cmolc kg<sup>-1</sup>), T4 (0,06 cmolc kg<sup>-1</sup>) e completo T5 (0,08 cmolc kg<sup>-1</sup>). Percebe-se uma intensificação na redução do teor de alumínio quando adicionado adubo orgânico (Tabela 4). Pode-se deduzir que essa redução é decorrente da elevação do pH e incremento de cálcio e magnésio após manejo e adubação dos tratamentos.

Esse elemento é considerado um fator limitante ao crescimento das plantas, quando presente em altos teores, uma vez que atua no crescimento radicular, em consequência, impede a absorção e translocação dos nutrientes (Malavolta, 2006). Isso pode ser revertido com a redução da acidez, tornando o alumínio insolúvel ou seja, não tóxico, devido ao pH interferir nas formas em que esse elemento se apresenta no solo (Sobral *et al.*, 2015). O efeito benéfico após uso da calagem em especial com a adição de adubo orgânico na redução do alumínio trocável, têm sido demonstrado também em outros estudos (Ribeiro *et al.*, 2016).

A acidez potencial também foi reduzida após o manejo com a calagem, porém não obteve resposta significativa para o teste F. Entre os tratamentos apresentou uma leve redução a partir de T2 (2,7 cmolc kg<sup>-1</sup>), em T3 (2,91 cmolc kg<sup>-1</sup>) e se manteve nos demais (TABELA 4). Exceto a testemunha, todos os valores estão classificados como baixos, apresentam-se na faixa de < 2,00 cmolc dm<sup>-3</sup> (Alvarez *et al.*, 1999). Valores acima de cinco não são considerados adequados ao plantio, devido a relação com a quantidade de H<sup>+</sup> em ligação covalente e o H + Al<sup>3+</sup> trocáveis na solução do solo (Lopes e Guilherme, 2004).

### **7.1.2 Efeito dos tratamentos na soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions efetiva (t)**

A soma de bases (SB) apresentou diferenças significativas, sendo mais evidente com o aumento da adubação orgânica em T4 e T5. O aumento na SB foi influenciado pelos teores de cálcio contido na calagem e no esterco de galinha, utilizado na adubação orgânica. Embora haja baixos valores das variáveis que definem a soma de bases, os tratamentos não receberam outras fontes de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> mas quando analisados individualmente responderam significativamente, com exceção do K (Tabela 4).

Assim como a SB, os valores da CTC efetiva (t) diferiram estatisticamente, a testemunha T1(0,70 cmolc kg<sup>-1</sup>) apresentou teores menores em comparação aos demais tratamentos. Para T2 e T3 (2,7 e 2,4 cmolc kg<sup>-1</sup> respectivamente) houve baixa capacidade em reter cátions no solo, ao passo que em T4 (3,07 cmolc kg<sup>-1</sup>) e T5 (3,33 cmolc kg<sup>-1</sup>) essa capacidade foi aumentada.

A CTC comumente encontrada em solos amazônicos está em torno de (< 2,0 cmolc dm<sup>-3</sup>). A única dosagem de calcário utilizada combinada à adubação orgânica foi satisfatória para causar diferenças entre os resultados iniciais e finais do solo. Porém, esses teores encontrados ainda não são ideais, e devem ser elevados (4,31- 8,6 cmolc dm<sup>-3</sup>) para serem considerados bons (Lopes e Guilherme, 2004).



**Tabela 3.** Média dos teores e atributos químicos do solo após 12 meses da aplicação dos tratamentos (profundidade 0-20 cm). Tratamentos: T1, controle; T2, calagem; T3, calagem + NPK; T4, calagem + esterco e T5, calagem + NPK+ esterco de galinha. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Atributos químicos	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
pH ( H <sub>2</sub> O)	4,80 b	5,50 ab	5,50 ab	5,70ab	6,00 a
N ( g kg <sup>-1</sup> )	0,80 a	0,80 a	0,80 a	0,90 a	0,80 a
MO ( g kg <sup>-1</sup> )	20,0 a	22,7 a	21,2 a	24,5 a	23,5 a
Al ( cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,60 a	0,18 ab	0,30 ab	0,10 b	0,10 b
H+ Al (cmolc kg <sup>-1</sup> )	4,00 a	2,80 a	2,90 a	2,80 a	2,40 a
Ca ( cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,20 b	0,10 ab	1,30 ab	1,50a	2,00 a
Mg ( cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,10 b	1,00 a	0,80 a	1,20 a	1,30 a
K ( cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,03 a	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a
SB ( cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,30 b	2,00 a	2,30 a	2,80 a	3,30a
t ( cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,70 b	2,70a	2,40 a	3,10 a	3,30 a
T ( cmolc kg <sup>-1</sup> )	4,20 a	4,80 a	5,20 a	5,60 a	5,70 a
m %	47,0 a	26,0 ab	9,90b	9,40 b	2,44 b
V %	7,40 b	43,20 a	44,0 a	50,0 a	56,7 a
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	225 a	238,8 a	256,8 a	173,8 a	155,5 a
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	1,00 b	0,70 b	0,80 b	7,0 ab	11,8 a
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	3,30 a	3,10 a	3,00 a	7,00a	10,2 a
P (mg kg <sup>-1</sup> )	2,80 b	2,10 b	3,40 b	6,2 ab	16,7 a

H+Al - acidez potencial; M.O: matéria orgânica; t - CTC efetiva; SB- soma de bases; V - porcentagem de saturação por bases da CTC a pH 7,0 e m - porcentagem de saturação por Al.

### 7.1.3 Efeito dos tratamentos na porcentagem de saturação por bases (V%) e na porcentagem de saturação por alumínio (m%)

Houve efeito significativo na saturação por bases (V%) com aumento nos tratamentos com calagem+orgânico, T4 (V%=50,1) e completo, T5 (V%=56,6). E apesar de terem seus teores elevados, estão na faixa limite dos solos considerados distróficos (V%<50) ou seja de baixa fertilidade (Lopes, 2004). Os tratamentos T2 e T3 diferiram estatisticamente do solo em condições naturais, T1 (V%= 7,4), mas ainda permaneceram abaixo do considerado ideal.

O manejo com calagem auxilia no aumento da saturação de bases por adicionar cátions, alterando a soma de bases trocáveis (Ca, Mg e K) e por liberar íons H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> dos colóides (Matiello *et al.*, 2010). Esses resultados podem ser evidenciados por

outros estudos sobre os benefícios do uso da calagem em solos da Amazônia (Ayres e Alfaia, 2007; Vilela *et al.*, 2010).

O percentual de saturação por alumínio (m%) diminuiu com as adubações realizadas e manejo com calagem, especialmente em T5 (2,4 %) diferentemente da testemunha T1(47%), resultado benéfico para as plantas. Acredita-se que essa redução pode estar associada a adição do adubo orgânico e outras bases disponíveis. Pois, quanto mais ácido o solo, menores são os teores de Ca, Mg e K sendo assim, menor será a soma de bases e maior o valor do m%. Portanto, essa variável deve estar abaixo de 25% para estar dentro do considerado tolerável para a cultura (Guimarães *et al.*, 1999).

#### **7.1.4 Efeito dos tratamentos nos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Fe, Zn e Mn) no solo**

Os teores de nitrogênio não apresentaram respostas significativas, observou-se leves alterações nos valores, sendo T4 (0,9 cmolc kg<sup>-1</sup>) o maior valor em comparação aos demais e a testemunha T1 (0,8 cmolc kg<sup>-1</sup>) com a menor média. Quanto a fertilidade do solo, os resultados estão na faixa considerada média (0,7-1,2 g kg<sup>-1</sup>) (Cochrane *et al.*, 1985). E em casos de deficiência, esse elemento torna-se o mais limitante para o desenvolvimento das plantas (Martinez *et al.*, 2020).

As mudas recém transplantadas podem não ter absorvido em sua totalidade a adubação fornecida na cova no início do plantio, devido a mobilidade desse macronutriente, esse resultado reflete a importância do parcelamento desse elemento durante o crescimento da planta. Foi observado em estudo, que diferentes dosagens de N e P não influenciaram no aumento dos ramos ortotrópicos, mas com o aumento do parcelamento desses nutrientes mostraram maior crescimento (Magiero *et al.*, 2017).

O fósforo no solo obteve resposta significativa, o T5 (16,7 mg kg<sup>-1</sup>) apresentou valor superior e estatisticamente diferente dos demais, a testemunha T1 (2,80 mg kg<sup>-1</sup>) não diferiu do T2 e T3. O acréscimo ocorreu especialmente nos tratamentos com adição de adubo orgânico e formulado NPK, provavelmente devido aos nutrientes adicionados à alimentação das aves e liberado pelas fezes, semelhante ao encontrado em outros estudos (Ribeiro *et al.*, 2019). Mesmo com um leve incremento nos teores de P, ainda são inferiores ao recomendado (15 - 20 mg kg<sup>-1</sup>) (Bragança *et al.*, 2001),

exceto para T5 que está no limite. Porém, o T5 encontra-se em uma faixa considerada muito alta para a classificação geral dos solos tropicais (Moreira, 2002).

O potássio também não apresentou diferenças estatística ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Apesar do uso do formulado NPK e do esterco de galinha em dois dos tratamentos, o acréscimo foi baixo. Sendo o maior teor em T5 ( $0,05 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) demonstrando pouca alteração em relação as condições naturais do solo T1 ( $0,03 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ). O potássio é um dos nutrientes com maior mobilidade e pode ter sofrido perdas por lixiviação antes mesmo de ser absorvido, especialmente devido à baixa CTC inicial do solo (Lourival *et al.*, 1998). Resultado semelhante ocorreu em estudo com adubação de cupuaçuzeiro em um Argissolo Vermelho- Amarelo (Ayres e Alfaia, 2007).

Para o cálcio foi possível observar diferenças significativas, especialmente no tratamento T5 ( $1,9 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) o qual apresentou o maior teor de Ca em relação as condições naturais do solo, T1 ( $0,2 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ). Houve aumento do nutriente a partir do manejo do solo com a calagem em T2, e após adição de adubação orgânica em T4 ( $1,51 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) e T5 ( $2 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ). Essa elevação pode ser proveniente do esterco, material rico em minerais de cálcio e magnésio, além das quantidades do elemento no calcário. Para as condições de fertilidade do solo, o teor encontrado no tratamento completo (T5) é considerado médio ( $1,17-2,32 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) (Moreira *et al.*, 2002).

Em outros estudos com culturas perenes (guaranazeiro), utilizando adubação de resíduos vegetais e cama de aviário também evidenciaram a elevação nos teores de Ca e Mg dos tratamentos avaliados (Arruda e Teixeira, 2009). Esses nutrientes estão presentes na formação da clorofila, na absorção de fósforo, além do importante papel de reprodução celular, formação de raízes e estruturação geral da planta (Carvalho *et al.*, 2010).

Para o magnésio houve diferenças significativas entre os cinco tratamentos, os melhores resultados partiram do tratamento completo T5 ( $1,26 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) igualmente ao T4 ( $1,21 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) e T2 ( $1,05$ ) sendo estatisticamente iguais. Esses teores estão dentro da faixa ideal para o cultivo de cafeeiros (Bragança *et al.*, 2001), diferentemente do encontrado em T1 ( $0,09 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) e T3 ( $0,8 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ). Para a fertilidade do solo, os resultados encontram-se na faixa de médio - muito alto ( $0,46-0,90; >1,5$ ) (Moreira *et al.*, 2002) especialmente para os tratamentos que receberam o manejo com calagem, adubação orgânica e mineral.

Em relação aos micronutrientes, apenas o Zn apresentou efeito significativo. Sendo os tratamentos T5 ( $11,23 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) e T4 ( $6,95 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) responsáveis pelos teores

mais elevados (TABELA 4), esses resultados são considerados adequados ao desenvolvimento do café conilon (Bragança *et al.*, 2001). O aumento pode ter relação com a quantidade de Zn encontrada no esterco de galinha (488 mg kg<sup>-1</sup>).

Outros autores têm observado mudanças para os teores de Zn após o uso de compostos orgânicos em Latossolo Amarelo (Sprey *et al.*, 2020).

Para os teores de ferro não houve diferenças significativas entre as adubações, mas reduziram nos tratamentos T4 (173 mg kg<sup>-1</sup>) e T5 (155 mg kg<sup>-1</sup>) com a adição de matéria orgânica, em comparação aos teores encontrados na testemunha T1 (225 mg kg<sup>-1</sup>) e T3 (256 mg kg<sup>-1</sup>). Quando estão acima de 45 são considerados índices altos para o ferro (Cochrane *et al.*, 1985). A calagem pode ter influenciado na redução do Fe no solo, além de aumentar os teores de Mn (T4 e T5). Apesar disso, o solo em estudo ainda apresenta alta concentração de ferro, especialmente devido a presença dos altos teores no solo inicial (TABELA 1).

Altos índices de Fe também pode ser associado ao tipo de material de origem do solo (Wastowski *et al.*, 2010), e elevados teores de ferro não são considerados adequados ao cultivo, devido à alta capacidade de adsorção do fósforo em solos tropicais (Fink *et al.*, 2016). Dentre os micronutrientes analisados em estudo, este foi o mais acumulado para o café conilon, e representou cerca de 74% do total aos 72 anos de idade. Seguido pelo manganês, com um percentual de 16% (Bragança *et al.*, 2015).

Os teores de manganês foram elevados a partir do tratamento que recebeu adição do esterco em T4 (7 mg kg<sup>-1</sup>) e completo T5 (10,2 mg kg<sup>-1</sup>), podendo ser justificado pela quantidade de Mn presente do adubo orgânico (429 mg kg<sup>-1</sup>) e também pelo aumento do pH. Através das alterações no pH, ocorre a formação de óxido de Fe, Zn e Mn indisponíveis às plantas, mas os óxidos de manganês são mais solúveis e removidos facilmente em condições ácidas (Nascimento *et al.*, 2002). Isso explica o aumento no teor do nutriente após o manejo com a calagem, devido a extração em solução ácida. Além disso, houve baixa redução dos teores em T2 e T3 em relação à testemunha T1 (3,3 mg kg<sup>-1</sup>), concordando com o incremento pela MOS nos resultados de Mn. Outros autores têm observado a combinação de adubo mineral juntamente ao orgânico, em proporções específicas, elevando os teores de manganês no solo (Araújo *et al.*, 2007).

## 7.2 Efeito dos tratamentos nas concentrações de nutrientes nas folhas

Os resultados demonstram através da ANOVA, que a adubação influenciou com significância as concentrações foliares dos nutrientes fósforo (P), magnésio (Mg) e manganês (Mn). Os demais nutrientes analisados não demonstraram diferença estatística.

As concentrações de nitrogênio (N) nas folhas de *Coffea canephora* não obtiveram diferenças significativas pelas adubações, ao final de doze meses de experimento. O tratamento testemunha (T1) contém resultado semelhante aos demais tratamentos com adubações, os teores permaneceram na faixa de 11,7 g kg<sup>-1</sup>. Esse resultado está dentro do nível de suficiência recomendado aos cafeeiros (2 - 3,2) porém, ainda está abaixo do considerado adequado (29-32 g kg<sup>-1</sup>) para a cultura (Prezotti *et al.*, 2007).

Até a realização da coleta de folhas para determinação dos valores nutricionais, não foi observado sintomas de deficiência para N nos cafeeiros adubados. No entanto, as avaliações de solo e folha indicam a necessidade da adubação para não atingir o nível crítico. Visto que N é importante, entre outros fatores, para a formação de ramos e crescimento vegetativo (Clemente *et al.*, 2013).

Em estudos realizados com café conilon adensado no Pará, foi demonstrado boa produtividade (50 a 55 sacas ha<sup>-1</sup>) do cafeeiro com adubação de N inferior ao recomendado (Veloso *et al.*, 2003). A demanda de cada nutriente varia conforme o desenvolvimento do cafeeiro (Valadares *et al.*, 2013) e nesse caso, o nitrogênio está presente em praticamente todos os processos da planta, portanto possui alta demanda durante todo o ciclo. Corroborando com o estudo que verificou maior desenvolvimento do cafeeiro em solução organomineral enriquecido com micro e macronutrientes, sendo N (12 %) o maior percentual, justamente por ser o nutriente mais requerido pela planta (Almeida, *et al.*, 2011).

Para as concentrações de fósforo (P), as adubações dos tratamentos completo (T5) e calcário+NPK (T3) influenciaram com significância os resultados com uma média de 2,03 g kg<sup>-1</sup> e 2,26 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O tratamento com adubação orgânica + calagem (T4) também recebeu um aumento (1,9 g kg<sup>-1</sup>) porém, sem diferença estatística. Os menores teores constam nos tratamentos que receberam apenas calagem (T2) sendo 1,03 g kg<sup>-1</sup> e testemunha (T1) com 1,4 g kg<sup>-1</sup> (TABELA 4). Mesmo sendo as menores concentrações, todos estão dentro ou próximo do indicado

para desenvolvimento de cafeeiros (1,2 - 1,6 g kg<sup>-1</sup>) (Prezzoti *et al.*, 2007). Ainda que a testemunha não tenha recebido nenhuma fonte de adubação, as quantidades consideráveis encontradas podem estar associadas ao teor do elemento presente no solo natural.

As plantas podem apresentar deficiência de fósforo com concentrações abaixo de 1,0 g kg<sup>-1</sup> e toxidez acima de 3,0 g kg<sup>-1</sup> (Malavolta, 1980), ao passo que o leve aumento em T4 pode estar relacionado à presença de P no esterco na forma inorgânica e disponível para as plantas (Lourenzi *et al.*, 2014). Apesar de ser o nutriente com menor exigência pelo cafeeiro com apenas 2 %, é possível associá-lo ao crescimento em altura das plantas e diâmetro do caule em função do aumento dos níveis deste elemento no solo, devido sua capacidade em aumentar o sistema radicular. O presente estudo concorda com essa associação de fósforo e crescimento em altura das mudas, apesar de T3 (FIGURA 5) não ter mostrado diferenças estatísticas, foi possível observar em campo a diferença das plantas que receberam o aporte de fósforo, através do formulado NPK, em relação ao T1 e T2, os quais não receberam adubação. Coincidindo com os resultados de um estudo onde as mudas cultivadas em solo deficiente em fósforo, demonstraram crescimento irregular e insatisfatório (Damatta *et al.*, 2007).

**Tabela 4.** Médias das concentrações de nutrientes em folhas de *Coffea canephora* aos 12 meses após o plantio com aplicação de diferentes tratamentos. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Nutrientes	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
N (g kg <sup>-1</sup> )	13,6 a	13,2 a	11,8 a	13,8 a	12,9 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,40 bc	1,00c	2,20 a	1,90 ab	2,00 a
Ca (g Kg <sup>-1</sup> )	13,1 a	13,3 a	14,5 a	11,9 a	15,2 a
Mg (g Kg <sup>-1</sup> )	2,20 b	6,00 a	5,10 a	6,50 a	6,40 a
K (g Kg <sup>-1</sup> )	11,9 a	8,00 a	12,3 a	8,80a	8,80 a
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	70,0 a	44,0 a	65,0 a	45,6 a	45,1 a
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	3,50 a	2,10 a	2,20 a	3,00 a	4,90 a

Mn (mg kg<sup>-1</sup>)            33,6 a    4,30 b    9,00 b    7,50 b    10,0 b

O potássio (K) não obteve resposta significativa, houve redução nos tratamentos T2, T4 e T5, enquanto o T3 (12,2 g kg<sup>-1</sup>) apresentou aumento em relação à testemunha T1(11,8 g kg<sup>-1</sup>). Todos os resultados estão abaixo das concentrações recomendadas para os cafeeiros (22 g kg<sup>-1</sup>) (Bragança *et al.*, 2001), provavelmente devido aos baixos teores de potássio encontrados no solo antes e após a adubação. Além disso, essa redução pode ser explicada pelas alterações nas relações catiônicas no solo, e o aumento de Mg e Ca podem ter reduzido a absorção de K. Mesmo nessas condições, se encontram dentro da faixa de suficiência (2-2,5) (Bragança, *et al.*, 2007).

O K é o terceiro nutriente mais requerido pelo cafeeiro, ficando atrás somente do N e Ca, e sua exigência é mais intensa na fase adulta, em decorrência da frutificação. Embora haja baixa presença de potássio nas análises de folhas e solo, as concentrações encontradas foram suficientes para favorecer o crescimento das plantas no primeiro ano. Resultado semelhante foi encontrado em estudo com dosagens de nitrogênio, fósforo e potássio em relação ao crescimento inicial de cafeeiro Rubi, no qual o cafeeiro também não respondeu ao K (Nazareno *et al.*, 2003).

As concentrações foliares de cálcio (Ca) não apresentaram respostas significativas. Variando pouco entre os tratamentos, a testemunha (T1) com 13,2 g kg<sup>-1</sup> e o completo (T5) com 15,2 g kg<sup>-1</sup>, além de uma leve redução em T4 (calcário + orgânico), com 11,9 g kg<sup>-1</sup>. Embora as análises de solo tenham indicado teores considerados de baixo a médio, e foliar dentro do considerado adequado (14 g kg<sup>-1</sup>), não foi observado sintomas de deficiência desse elemento nas mudas, os quais incluem a clorose marginal e internerval das folhas mais novas (baixa mobilidade) (Bragança *et al.*, 2007).

As menores concentrações de Ca nas folhas podem estar relacionadas a baixa solubilidade e lenta reação no solo (Alvarez V. e Ribeiro, 1999) não havendo disponibilização suficiente por meio do calcário para essa fase da planta.

Para o magnésio houve diferença estatística entre os tratamentos (TABELA 4), exceto na testemunha (T1) com 2,2 g kg<sup>-1</sup>. Os valores apresentaram concentrações superiores ao recomendado pela cultura (3,2 g kg<sup>-1</sup>), sendo o maior valor presente em T4 com 6,5 g kg<sup>-1</sup>, e uma leve redução em T3 ( calcário + NPK).

Para as concentrações de Fe não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, os resultados de T2, T4 e T5 se mantiveram em uma faixa de 40 g kg<sup>-1</sup>. Exceto para o tratamento T3 (65 mg kg<sup>-1</sup>), pois permaneceu próximo ao resultado da testemunha (T1) (70 mg kg<sup>-1</sup>). Todos esses valores estão abaixo do considerado indicado, 70-180 mg kg<sup>-1</sup> (Bragança *et al.*, 2001) podendo ser reflexo do manejo com calcário no início do experimento.

Alguns autores também relatam baixas concentrações de Fe nas folhas no início do ciclo reprodutivo (Laviola *et al.*, 2007). Embora o Fe, Zn e Mn tenham sido os micronutrientes mais encontrados nas folhas de outros estudos sobre o acúmulo de nutrientes em cafeeiros (Covre, 2016; Dubberstein, 2015)

As concentrações de zinco (Zn) apresentaram diferenças estatísticas para as adubações, o tratamento completo (T5) teve um leve aumento com 4,8 mg kg<sup>-1</sup> e a testemunha (T1) com 3,5 g kg<sup>-1</sup>, os demais valores estão na faixa de 2 mg kg<sup>-1</sup>. Todos estão longe do adequado (10-20 mg kg<sup>-1</sup>) (Prezotti *et al.*, 2007). A análise inicial do solo demonstra baixa disponibilidade do nutriente (0,42 mg kg<sup>-1</sup>) sendo o esterco (488 mg kg<sup>-1</sup>) a única fonte de zinco no experimento.

Alguns estudos apontam problemas relacionados com a interação Zn e P, onde altas doses de fósforo tendem a reduzir o zinco na planta, devido ao efeito do fósforo em insolubilizar o Zn no xilema reduzindo o transporte até a parte aérea (Malavolta *et al.*, 1997).

As concentrações de manganês também foram influenciadas pelas adubações utilizadas. Com a redução dos valores em todos os tratamentos em relação a testemunha (T1) que apresentou 33,6 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto T2 resultou no menor valor 4,2 mg kg<sup>-1</sup>. Houve um leve aumento em T3, T4 e T5 (8, 7, 10 mg kg<sup>-1</sup>) respectivamente, esses resultados estão fora da faixa de suficiência (60-80 mg kg<sup>-1</sup>) e abaixo do recomendado para a cultura (50-200 mg kg<sup>-1</sup>) (Bragança *et al.*, 2007; Prezotti *et al.*, 2007). Assim como o zinco a única fonte de adubação de mangânes foi o esterco (429,3 mg kg<sup>-1</sup>).

Alguns estudos demonstram que em determinadas regiões do Brasil, o manganês têm sido associado mais à deficiência do que a toxidez. Com base em diversas análises foliares de lavouras do Espírito Santo, constatou-se que mais da metade dos cafeeiros cultivados sobre Latossolo Amarelo apresentam baixas concentrações (50 mg kg<sup>-1</sup>) (Bragança *et al.*, 1989).



Os resultados obtidos através das análises laboratoriais concordam que solos distróficos, ácidos e com saturação por bases muito baixas (TABELA 1) necessitam de manejo adequado com a calagem para alterar essas condições naturais do solo, e material orgânico para melhorar, a longo prazo, a disponibilidade de nutrientes a fim de suprir a demanda por nutrientes da planta. E como reflexo, obter mudas com maior desenvolvimento e crescimento adequado, como observado nos resultados das variáveis biométricas.

### **7.3 Efeito dos tratamentos nas variáveis de crescimento das plantas**

Houve diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis analisadas (NF, NH, ALT, DIAM), especialmente na última biometria realizada. O uso da calagem + esterco (T4) refletiu em respostas positivas em relação ao crescimento inicial de mudas de café conilon, em campo. Enquanto o tratamento completo (T5) foi significativo apenas para o número de hastes na última biometria do experimento, aos 12 meses de plantio. As duas primeiras biometrias não apresentaram diferenças estatísticas quanto às adubações, exceto para o número de folhas.

#### **7.3.1 Crescimento em diâmetro do coleto**

Houve diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) para o diâmetro do coleto apenas na última (3<sup>o</sup>) biometria realizada. Percebe-se um aumento do diâmetro com o uso da calagem em T2 (15 mm), esse valor permaneceu o mesmo quando adicionado somente calagem e formulado NPK, em T3. O cafeeiro conilon respondeu melhor quando adicionado esterco de galinha + calcário T4 (21 mm), porém o valor do diâmetro foi inferior quando adicionado também NPK, completo T5 (17 mm).

Esse dado coincide com os resultados de estudo com adubação em casa de vegetação, no qual o diâmetro das mudas de café conilon foi inferior com a aplicação de NPK (Mayla, 2020). É comum em estudos relacionar o diâmetro com a altura, para avaliar a qualidade da planta, isso permite prever sobre a resistência e fixação da planta no solo, indicando a sobrevivência em campo (Sturion *et al.*, 2000).

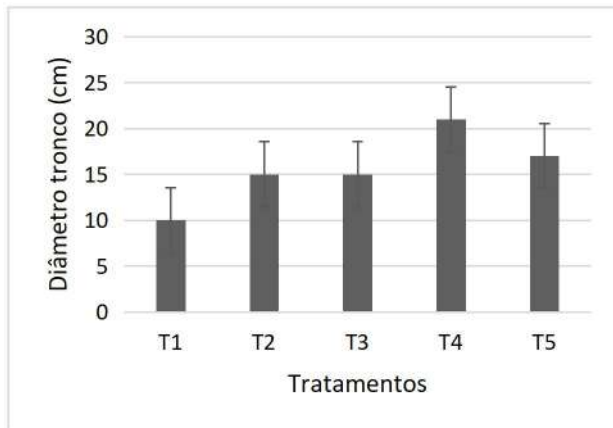


Figura 4: Valores médios e desvio padrão do diâmetro da haste principal de mudas de café conilon sob diferentes adubações ( T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha), Manaus- Am 2023

### 7.3.2 Crescimento em altura

Houve diferença significativa para a altura da haste principal apenas na última (3<sup>o</sup>) biometria realizada, os tratamentos T4 (53 cm) e T5 (50 cm) responderam melhor à adubação, em relação aos demais. No entanto, apesar da pouca diferença entre esses valores apenas o T4 foi diferente estatisticamente. Esses dados sugerem que o composto orgânico combinado com a calagem promoveu aumento durante os doze meses de experimento, concordando com o resultado encontrado em estudo sobre os diferentes substratos com o cafeeiro arábica, na avaliação de diferentes substratos o composto orgânico promoveu plantas com melhor desempenho em todas as variáveis biométricas analisadas (Pozza *et al.*, 2007).

Em experimento realizado no campo com mudas de cafeeiro conilon, com 100 dias após o plantio, foi observado o crescimento com uma média de 22 a 32 cm (Partelli *et al.*, 2011), sugerindo que o presente estudo obteve baixo crescimento (53 cm) em relação ao tempo disposto em campo (12 meses). Alguns estudos sugerem que plantas mais altas podem ter também altas produtividades, porém, dificultam os procedimentos de colheita, tratos culturais, arejamento e incidência de luz na parte interna da planta (Marcolan, *et al.*, 2009).

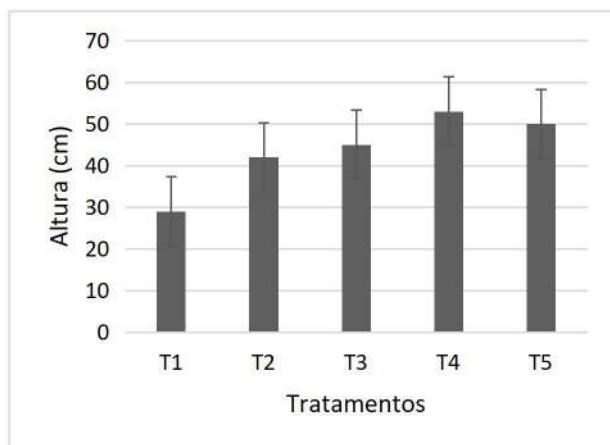


Figura 5: Valores médios e desvio padrão da altura da haste principal de mudas de café conilon sob diferentes adubações (T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha), Manaus- Am 2023.

### 7.3.3 Ganho foliar

Houve resposta significativa para o número de folhas nas três biometrias realizadas. Todos os tratamentos apresentaram aumento em relação à testemunha T1 (15 folhas), mas apenas o T4 diferiu estatisticamente dos demais, com maior média (81 folhas). Esse resultado é semelhante ao encontrado no estudo sobre o diâmetro e profundidade de covas para cafeeiro Conilon, após um ano do plantio, o qual resultou em número de folhas variando de 68- 133 (Pereira, *et al.*, 2017). Diversos estudos relacionam o fornecimento de nitrogênio e fósforo ao crescimento em altura, número de folhas e diâmetro do caule (Martins *et al.*, 2013; Colodetti *et al.*, 2015).

O maior incremento do número foliar esteve presente no tratamento com adubação orgânica, sem aporte do formulado NPK. Porém, os valores de N e K no solo e nas folhas, apesar de estarem abaixo do recomendado para a cultura e dentro na faixa de suficiência, influenciaram no número de folhas, visto que houve acréscimo em todos os tratamentos em que o formulado esteve presente. Isso reforça a importância do suprimento em dosagem e parcelamentos adequados, no desenvolvimento inicial do cafeeiro.

Esse suprimento é essencial, especialmente pela função do N no desenvolvimento da área foliar, na fotossíntese por diversas sínteses realizadas pela planta. Em caso de ausência podendo causar clorose e perda da produtividade (Brangança, *et al.*, 2008). Ao passo que o P é responsável, entre outros fatores, pela formação de raízes e absorção mais rapidamente de nutrientes (Kerbaudy, 2013).

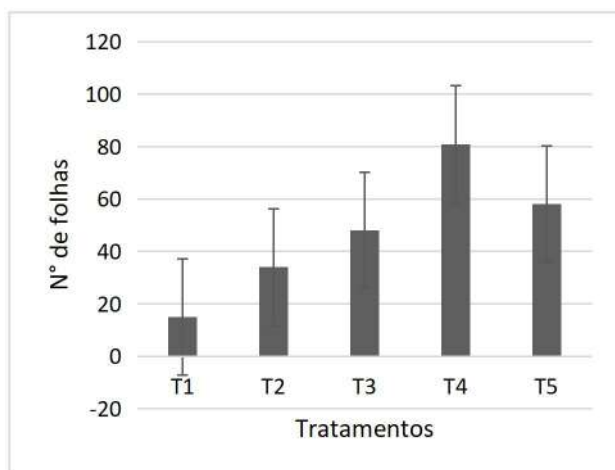


Figura 6: Valores médios e desvio padrão do número de folhas de mudas de café conilon sob diferentes adubações ( T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha), Manaus- Am 2023.

### 7.3.4 Hastes ortotrópicas

Houve resposta significativa para o número de hastes ortotrópicas apenas na última (3ª) biometria realizada. O valor médio do tratamento controle (T1) foi de 1,2 hastes por planta, estatisticamente igual ao tratamento com uso de calagem + NPK (T3), enquanto o maior valor pode ser encontrado no tratamento completo (T5) com 4,5 hastes por planta estatisticamente diferente dos demais. Esses resultados se assemelham aos valores presentes no estudo sobre a indução de brotos ortotrópicos por meio de hormônios em mudas clonais de café conilon, no qual o tratamento com maior eficácia apresentou 5 ramos por planta, e o número de brotações do controle com 1,5 ramos por planta (Zuffo *et al.*, 2008).

Diversos fatores interferem na indução das hastes como: condições edafoclimáticas, genótipos, manejo da poda e insumos. No presente estudo, foi realizada a indução das hastes ortotrópicas por meio da técnica de eliminação do ápice da haste principal, das hastes plagiotrópicas e das folhas da parte inferior do caule (Espíndula, *et al.*, 2015) a fim de permanecer com 3 ou 4 hastes. Com isso, observou-se crescimento diferente entre as mudas dos cinco tratamentos, recebendo os mesmos tratamentos culturais e efeito do ambiente.

É evidente que o manejo da fertilidade do solo influenciou os tratamentos, as mudas com mais suprimentos apresentaram maior número de ramos ortotrópicos T5 (4,5

hastes), enquanto o controle T1 (1,2 hastes) não se desenvolveu. Semelhante ao encontrado no estudo sobre o crescimento vegetativo de ramos em função de diversos manejos de adubações, a oferta do adubo mineral foi mais eficiente do que na ausência de adubação (Dubberstein, 2015). Esse crescimento do ramo ortotrópico tende a ser reduzido ao longo do ciclo do cafeeiro, na fase de frutificação e o fornecimento de adubos minerais deve suprir as fases reprodutivas, mas também manter o vigor vegetativo da planta (Laviola *et al.*, 2007).

Outros trabalhos demonstram redução do crescimento vegetativo em cafeeiros, especialmente no período de janeiro à abril e maior demanda por nutrientes, em resposta à frutificação (Partelli *et al.*, 2014; Laviola *et al.*, 2008). Em estudos com cafeeiro arábica, observou-se um decréscimo no comprimento do ramo quando adicionado doses mais elevadas de NPK, sugerindo rejeição à concentração salina no solo, provocadas pelo aumento de fertilizante (Souza *et al.*, 2013).

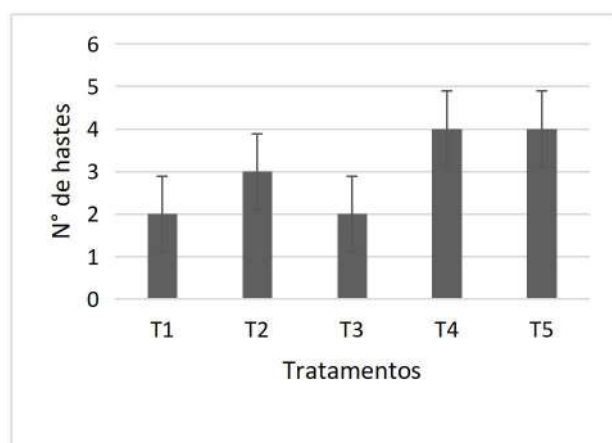


Figura 7: Valores médios e desvio padrão do número de hastes de mudas de café conilon sob diferentes adubações ( T1, controle; T2, calcário dolomítico; T3, calcário dolomítico + formulação NPK (4-14-08); T4, calcário dolomítico + esterco de galinha; T5, calcário dolomítico + formulação (4-14-08) NPK + esterco de galinha), Manaus- Am 2023

## 8. CONCLUSÕES

O uso da calagem possibilitou a redução da acidez, alumínio trocável e elevação dos teores Ca, Mg, P e Zn através da adubação orgânica e mineral.

O tratamento com adubação mineral + calagem (T3) e o completo (T5) apresentaram as maiores concentrações foliares de P. Enquanto o Mn teve maior destaque nos tratamentos com acidez mais elevada, ao passo que o Mg foi elevado em todos os tratamentos, exceto controle.

O tratamento com calagem + adubação orgânica (T4) foi o tratamento mais influente nas variáveis biométricas de café conilon.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu Júnior., C.H.; Muraoka, T.; Lavorante, A.F. 2003. Relationship between acidity and chemical properties of Brazilian soils. *Scientia Agricola*, 60: 337-343.

Alvares, C. A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22 (6): 711-728.

Adeli, A., Sistani, K.R., Rowe, D.E., Tewolde, H. 2007. Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties. *Soil Science Society of America Journal*. 71, 974-983.

Almeida, S.L.S.; Cogo, F.D.; Vieira, R.J.; Campos, K.A.; Morais, A.R. 2011. Fertilização foliar em mudas de cafeeiro com *organominerais líquidos*. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, João Pessoa, 5(3): 9-13.

Andrade, W. E. D. B., Nascimento, D., Alves, S. M. C., & Santos, J. G. C. D. 2001. Estado nutricional de cafezais da região norte fluminense em função do ano de amostragem. II. Micronutrientes.

Araújo, J.B.S.; Carvalho, G.J.; Guimarães, R.J., Carvalho, J.G. 2007. Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico: teores foliares. *Coffee Science*, 2 (1): 20-28.

Arruda, M. R., & Teixeira, W. (2009). Utilização de resíduos de carvão vegetal associado a fontes orgânicas de nutrientes no manejo sustentável do solo e do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) na Amazônia Central.

Ayres, M. I. D. C.; Alfaia, S. S. 2007. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42: 957-963.

Balbino, T.J. 2016. Substratos alternativos para a produção de mudas clonais de *Coffea canephora* em tubete. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Amazonas, 64pp.

Bragança, S. M., Prezotti, L. C., Lani, J. A., & Ferrão, R. G. 2007. Café conilon. Vitória, ES: INCAPER.

Bernardi, A.C.C.; Machado, P.L.O.A.; Silva, C.A. 2002. Fertilidade do solo e demanda de nutrientes no Brasil. In: Manzatto, C.V.; Freitas Júnior, C.; Peres, J.R.R. (Eds). Uso agrícola dos solos brasileiros. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, 61-78p.

Botelho, C.; Rezende, J. D.; Carvalho, G.; Guimarães, P.; Alvarenga, A. D. P.; Ribeiro, M. D. F. 2010. Preparo do solo e plantio: instalação do cafezal. Reis, PR. Cunha, RL Café arábica: do plantio à colheita. Lavras: *EPAMIG*, 283-341.

Caires, E.F; Barth, G.; Garbuió, F.J; Kusman, M.T. 2002. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, 2: 1011-1022.

Costa, A.M., Borges, E.N., Silva, A.A., Nolla, A., Guimarães, E.C., 2009. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Revista Ciência e Agrotecnologia*. 33, 1991-1998.

Craswell, T.; Lefroy, R. D. B. 2001. A função da matéria orgânica nos solos tropicais. Machado, PLO de A. Manejo da matéria orgânica de solos tropicais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

Communicating for agriculture education program. Conheça as 5 Principais Commodities Brasileiras. Disponível em: <http://www.caep.com.br/post/59/commodities-conheca-as-5-principais-commoditiesbrasileiras.html>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

Davis, Aaron P. et al. 2011. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and 25 evolutionary history of *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 167, n. 4, p.357-377.

Dubberstein, D. 2015. Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em *coffea canephora* na amazônia ocidental.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.

Espindula, M.C., Mauri, A.L., Ramalho, A.R., Dias, J.R.M., Ferreira, M.G.R., Santos, R.A., Marcolan, A.L., 2015. Produção de mudas, in: Marcolan, A.L., Espindula, M.C. (Eds.), *Café na Amazônia*. Embrapa Rondônia, pp 129-154.

Falesi, I. C. 1972. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia Brasileira.

Ferrão, R. G. 2007. *Café conilon*. A. F. A. da Fonseca, S. M. Bragança, M. A. G. Ferrão, & L. H. de Muner (Eds). Vitória: Incaper, 203-225pp.

Ferreira, G. F. P.; Amorim, C. H. F.; Costa, H. A.; Ponte, C. M. A. 2011. Avaliação da Fertilidade do solo em lavouras cafeeiras no município de barra do choça–Bahia.



Freitas, Z. M. T. S. et al. 2007. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. *Bragantia*, 66(2): 267-275p.

Filgueira, F. A. R. 1987. ABC da olericultura: guia da pequena horta. São Paulo: Agronômica Ceres. 164p

Galopim de Carvalho, A. M. 2006. Geologia Sedimentar. Vol. III. Rochas Sedimentares. Âncora, Lisboa, 332 PLEPSCH

Guimarães, T. G.; Garcia, A. W.; Alvarez, V. H. V.; Prezotti, L. C.; Viana, A. S.; Miguel, A. E.; Malavolta, E.; Corrêa, J. B.; Lopes, A. S.; Nogueira, F. D.; Monteiro, A. V. C.; Oliveira, J. A. 1999. Cafeeiro. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gérias. Vol. 5. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais–CFSEMG, Viçosa. P. 359.

Laviola, B. G.; Martinez, H. E. P.; Salomão, L. C. C.; Cruz, C. D.; Mendonça, S. M.; Rosado, L. D. S. 2007. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: Micronutrientes. *Revista brasileira de ciência do solo*, 31, 1439-1449.

Laviola, B.G.; Martinez, H.E.P.; Salomão, L.C.C.; Cruz, C.D.; Mendonça, S.M.; Rosado, L. 2008. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. *Bioscience Journal*, 24 (1):19-31.

Lepsch, I. F. 2002. Solos do Mundo. Formação e Conservação dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 87-91.

Liu, J.; Hue, N. V. 1996. Ameliorating subsoil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. *Biology and fertility of soils*, 21(4), 264-270.

Lopes, A.S; Guilherme, L.R.G. 2004. Interpretação de análise de solo - Boletim Técnico no 2. ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. 50pp.

Lourenzi, C.R.; Ceretta, C.A.; Cerini, J.B.; Ferreira, P.A.A.; Lorensin, F.; Girotto, E.; Tiecher, T.L.; Schapanski, D.E.; Brunetto, G. 2014. Available content, surface runoff and leaching of phosphorus forms in a typic hapludalf treated with organic and mineral nutrient sources. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 38 (2): 544-556.

Luizão, F. J.; Fearnside, P. M.; Cerri, C. E.; Lehmann, J. 2009. The maintenance of soil fertility in Amazonian managed systems. *Amazonia and Global Change, Geophysical Monograph Series, 186*, 311-336.

Malavolta, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas (Vol. 1, pp. 163-166). São Paulo: Agronômica Ceres.

Malavolta, E. 1993. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas. São paulo: editora agronômica ceres, 210pp

Malavolta, E.; Favarin, J. L.; Malavolta, M.; Cabral, C. P.; Heinrichs, R.; Silveira, J. S. M. 2002. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária brasileira, Brasília*, 37(7): 1017-1022.

Marcolan, A. L.; Ramalho, A. R.; Mendes, A. M.; Teixeira, C. A. D.; FERNANDES, C. D. F.; Costa, J. N. M.; Veneziano, W. 2009. Cultivo dos cafeeiros conilon e robusta para Rondônia.

Marcolan, A.L.; Ramalho, A.R.; Mendes, A.M; Teixeira, C.A.D.; Fernandes, C.F.; Costa, J.N.M.; Vieira júnior, J.R.; Oliveira, S.J.M.; Fernandes, S.R.; Veneziano, W. 2009. Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia: EMATER-RO.

Martinez et al.; H.E.; Martinez et al.; M.A.; Sakiyana, N.S.2012 Guia de acompanhamento das aulas de cafeicultura . 2 ed. Viçosa: editora ufv.

Matiello, J. B.; Santinato, R.; Garcia, A.W. R.; Almeida, S. R. A.; Fernandes, D. R. 2010. *Cultura do Café no Brasil: Manual de Recomendações*. Fundação Procafé, Rio de Janeiro e Varginha. 542pp.

Natale, W.; Prado, R. D. M.; Rozane, D. E.; Romualdo, M. 2007. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. *Revista brasileira de ciência do solo*, 31, 1475-1485.

Nazareno, Rodrigo Barbosa, et al. 2003. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 903-910.

Partelli, F. L.; Espindula, M. C.; Marré, W. B.; Vieira, H. D. 2014. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 214-222.

Paye, H. S.; Partelli, F. L.; Martins, A. G.; Siebeneichler, E. A. 2019. Recomendação de adubação e calagem. *Café conilon: Conhecimento Para Superar Desafios*; Partelli, FL, Espindula, MC, Eds, 75-97.

Pereira, E.D et al. 2017. Caracterização agrônômica de uma lavoura de café conilon da variedade clonal vitória incaper. 8142p.

Partelli, F.L.; Espindola, M.C.; Marré, W.B.; Vieira, D.V. 2014. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. *do Revista Brasileira de Ciência Solo*, 38(1): 214-222.

Pozza, A. A. A.; Guimarães, P. T. G.; Pozza, E. A.; Carvalho, J. G.; Montanari, M.; Souza, R. F. 2007. Efeito do tipo de substrato e da presença de adubação suplementar sobre o crescimento vegetativo, nutrição mineral, custo de produção e intensidade de cercosporiose em mudas de cafeeiro formadas em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*, 31: 685-692.

Prado, R. D. M.; Natale, W. 2004. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 1007-1012.

Primavesi, A. C.; Primavesi, O.; Corrêa, L. D. A.; Silva, A. G. D.; Cantarella, H. 2006. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 30, 562-568.

Raij, B. V. 1981 Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: instituto da potassa & fosfato: instituto internacional da potassa, 142p.

Raij, B.V. 1991. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, agrônômica cereas, potafos, 343p

Ramalho, A. R.; Rocha, R. B.; Veneziano, W.; Santos, M. M. D. 2014. Cultivar de cafeeiro Conilon BRS Ouro Preto- Características agrônômicas e agroindustriais.

Reis Jr, R. D. A.; Corrêa, J. B.; Carvalho, J. G.; Guimarães, P. T. G. 2002. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: normas DRIS e teores foliares adequados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26, 801-808.

Reis, P. R. 2010. Café arábica: do plantio à colheita. Epamig.

Resende, A. V.; Fontoura, S. M. V.; Borghi, E.; dos Santos, F. C.; Kappes, C.; Moreira, S. G.; Borin, A. L. D. C. 2016. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo.

Ribeiro, D.O., Carballal, M.R., Silva, A.J., Santos, T.E.B., Ferreira, L., Cunha, F.F., 2016. Produtividade de cana-de-açúcar e atributos de solo em função da aplicação de cama de peru. *Revista de Ciências Agrárias*, 59 (3): 259-264.

Rosado, T. 2020. Adubação nitrogenada e molíbdica em cafeeiro conilon: atributos químicos do solo, crescimento, produção e teores foliares de nutrientes.

Sanchez, P. A.; Cochrane, T. T. 1980. Soil constraints in relation to major farming systems of tropical America. Soil related constrain to food production in the tropics. Los Baños, Filipinas, 107-139.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Embrapa So. Rio de Janeiro.

Santos, R. D.; Lemos, R. D.; Santos, H. D.; Ker, J.; Anjos, L. D. 2013. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa. SBCS/EMBRAPA/CNPS.102p.

Schaefer, C. E. G. R.; Lima, H. N.; Teixeira, W. G.; Vale Junior, J. F.; Souza, K. W.; Corrêia, G. R.; Ruivo, M. L. P 2017. Solos da região Amazônica. Pedologia-Solos dos biomas brasileiros. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 111-75p.

Sereia, V. J.; Camara, M. R. G. DA; Cintra, M. V. 2008. Competitividade internacional do complexo cafeeiro brasileiro e paranaense. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, 29(3): 557-578.

Sombroek, W. G. 1966. Amazon soils: A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen University and Research.

Sturion, J.A; Antunes, J.B.M. 2000. Produção de mudas de espécies florestais. Embrapa Florestas-Capítulo em livro científico (ALICE), 125-150p.

Torres, J. 2019. Produtividade e exportação de macronutrientes por cafeeiros (*Coffea canephora*) na Amazônia Ocidental.

Valadão, F.C.A., Maas, K.D.B., Weber, O.S., Júnior, D.D.V., Silva, T.J., 2011. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. Revista Brasileira de Ciência do solo. 35 (6), 2073-2082.

Vale Júnior, J. F.; de Souza, M. I. L.; do Nascimento, P. P. R. R.; Cruz, D. L. D. S. 2011. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. Revista Agro@mbiente On-line, 5(2).

Veloso, Carlos Alberto Costa, et al.2003. Respostas do cafeeiro (*Coffea canephora* L.) aos nutrientes NPK em sistema adensado no estado do Pará.

Venables, W.N.; Smith, D.M. 2005. The r development core team. An introduction to r. Notes on r: programming environment for data analysis and graphics. Version 2.2.0. Áustria.

Veneziano, W.; Fazuoli, L. C. 2000. Avaliação de cultivares de cafeeiros robusta (*Coffea canephora*) em Rondônia. 459-461p.

Veneziano, W.; Souza, F. D. F.; Santos, M. M. D. 2003. Avaliação de clones de café Conilon no Estado de Rondônia.

Zuffo, V. J.; Campostrini, E.; Torres-Netto, A. 2008. Incremento no número de ramos ortotrópicos em mudas de *Coffea canephora* Pierre por meio da aplicação de benzilaminopurina no tronco.