

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**FELIPE CASSA DUARTE VENANCIO**

**ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES EM MATERIAIS  
GENÉTICOS DE CAFEEIRO CONILON**

**ORIENTADOR: JOSÉ FRANCISCO TEIXEIRA DO AMARAL**

**ALEGRE (ES)**

**2016**

FELIPE CASSA DUARTE VENANCIO

**ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES EM MATERIAIS  
GENÉTICOS DE CAFEIRO CONILON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de Fitotecnia.

Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral

Coorientadores: Luiz Carlos Prezotti e Marcelo Antonio Tomaz

ALEGRE (ES)

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

Venancio, Felipe Cassa Duarte, 1992-

V448a Acúmulo de micronutrientes em materiais genéticos de cafeeiro Conilon/  
Felipe Cassa Duarte Venancio. – 2016.

65f. : il.

Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral.

Coorientadores: Marcelo Antonio Tomaz ; Luiz Carlos Prezotti.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Café Conilon. 2. Nutrição mineral. 3. Proporção. I. Amaral, José Francisco Teixeira do. II. Tomaz, Marcelo Antonio. III. Prezotti, Luiz Carlos. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

---

**FELIPE CASSA DUARTE VENANCIO**

**ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES EM MATERIAIS  
GENÉTICOS DE CAFEEIRO CONILON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de Fitotecnia.

Aprovada em 15 de dezembro de 2016.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral**  
**CCAIE-UFES (Orientador)**

---

**D.Sc. Luiz Carlos Prezotti**  
**Incaper**

---

**Prof. D.Sc. Renato Ribeiro Passos**  
**CCAIE-UFES**

A Deus pelo dom da vida e pela sabedoria;

A meus pais, avós, tios, meu irmão e a minha namorada, por depositar toda força e apoio.

## AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, por sempre estar comigo e por ter colocado as pessoas certas no meu caminho.

A toda minha família por estar ao meu lado durante a minha vida inteira.

A minha namorada, Laísa, por me fazer a pessoa mais feliz do mundo.

Agradeço ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), que permitiu a realização deste trabalho.

Agradeço ao Instituto Federal do Espírito Santo e à Universidade Federal do Espírito Santo pelas oportunidades de ensino dentro da minha cidade natal.

Agradeço ao professor José Francisco Teixeira do Amaral, pela orientação e amizade, e por abrir as portas para novas oportunidades durante a minha formação.

Aos meus coorientadores, Marcelo Antonio Tomaz e Luiz Carlos Prezotti, e ao professor Renato Ribeiro Passos, por todo conhecimento e pelas contribuições.

Agradeço aos amigos de infância, meus parceiros, por estarem comigo em todas as horas e aos amigos Diego Mathias e Matheus Quaresma, por toda ajuda com os testes estatísticos.

Agradeço aos amigos do futebol, minha academia e a CBH Striker Jiu-Jitsu pelo lazer e pela disciplina.

A todo conhecimento transmitido pelos professores durante minha graduação e no mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e à CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que contribuíram para transformar meu sonho em realidade, muito obrigado!

“Somos o que pensamos. Tudo que  
somos surge com nossos  
pensamentos. Com nossos  
pensamentos fazemos o nosso  
mundo.”

Buda

## **BIOGRAFIA**

Felipe Cassa Duarte Venancio, filho de Alexandre Duarte Venancio e Juliana Xavier Cassa Venancio, nasceu em Alegre (ES), no dia 22 de março de 1992. Em dezembro de 2009, concluiu o curso de Técnico Agrícola com Habilitação em Agropecuária, no Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre (ES). Em março de 2010, iniciou o curso de Agronomia no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-E-UFES), em Alegre (ES), concluindo-o em janeiro de 2015. Em março de 2015 pela mesma instituição, iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal na área de Fitotecnia, submetendo-se à defesa em 15 de dezembro de 2016.

## RESUMO

VENANCIO, Felipe Cassa Duarte. Universidade Federal do Espírito Santo. Dezembro de 2016. **Acúmulo de micronutrientes em materiais genéticos de cafeeiro Conilon.** Orientador: D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral. Coorientadores: D.Sc. Marcelo Antonio Tomaz e D.Sc. Luiz Carlos Prezotti. Examinador: D.Sc. Renato Ribeiro Passos.

Objetivando caracterizar o acúmulo de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe e B), de matéria seca e verificar a variação no conteúdo destes elementos em materiais genéticos de cafeeiro Conilon, realizou-se um estudo utilizando os seguintes materiais genéticos: cinco clones (02, 03, 14, 23, 120) pertencentes à INCAPER 8142 – Cultivar Vitória, variedade clonal, e EMCAPER 8151 – Robusta Tropical, variedade de propagação por semente, conduzido na Fazenda Experimental Bananal do Norte do Incaper, localizada no distrito de Pacotuba, em Cachoeiro do Itapemirim (ES). Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com 27 amostragens, realizando a coleta de plantas inteiras, uma de cada material genético. A matéria seca total aumentou de forma crescente até o quarto ano de idade, alcançando 6,42 kg/planta e os compartimentos analisados (folhas, ramos, caule, raiz e frutos) alcançaram 1,02 kg/planta, 0,60 kg/planta, 3,21 kg/planta, 0,37 kg/planta e 1,20 kg/planta, respectivamente. Os conteúdos de Fe, Mn, B, Cu e Zn na planta aumentaram de forma crescente até o quarto ano de idade, alcançando 1.368,42 mg, 788,53 mg, 174,40 mg, 78,76 mg, e 72,63 mg, respectivamente. A ordem de acúmulo foi: Fe > Mn > B > Cu > Zn. Os maiores teores de Cu estão nos frutos e nas folhas, o de Zn nas raízes, Mn nas folhas e nos ramos, Fe nas raízes e B nas folhas. Não foi observada nenhuma diferenciação nos teores foliares entre os micronutrientes avaliados. Os teores B não se diferenciaram nos compartimentos analisados entre os materiais genéticos. As folhas apresentaram maiores conteúdos de Mn e B, o caule apresentou maiores conteúdos de Cu e Zn e as raízes apresentaram maiores conteúdos de Fe. Os materiais genéticos de cafeeiro Conilon estudados apresentaram uma taxa de acúmulo diário de matéria seca de 4,0572 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e as taxas de acúmulo diário de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe e B) de 0,0470 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,0463 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,4638 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,9805 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e 0,1128 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. As maiores taxas de acúmulo anual vegetativa para os micronutrientes foram observadas nas folhas, com exceção do Fe, que apresentou as maiores taxas de acúmulo nas raízes. A maior taxa de acúmulo anual de matéria seca vegetativa foi verificada no Robusta Tropical e nos clones 23 e 120, e a menor taxa de acúmulo anual de matéria seca no Clone 14. Aos 4 anos de idade, a maior parte do total de matéria seca acumulada foi alocada no caule (50%), seguido pelos frutos (19%), folhas (16%), ramos (9%) e raízes (6%).

**Palavras-chave:** Café Conilon. Nutrição mineral. Proporção.

## ABSTRACT

VENANCIO, Felipe Cassa Duarte. Universidade Federal do Espírito Santo. December 2016. **Micronutrient accumulation in genetic materials of Conilon coffee.** Advisor: D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral. Co-advisors: D.Sc. Marcelo Antonio Tomaz and D.Sc. Luiz Carlos Prezotti. Examiner: D.Sc. Renato Ribeiro Passos.

In order to characterize the accumulation of micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe and B) of dry matter and verify the variation in the content of these elements in genetic material of Conilon coffee, a study was carried out using the following genetic materials: five clones (02, 03, 14, 23, 120) belonging to INCAPER 8142 - Cultivar Vitória, clonal variety, and EMCAPER 8151 - Robusta Tropical, seed propagation variety, conducted at the Incaper Bananal Experimental Farm located in the Pacotuba district, In Cachoeiro do Itapemirim (ES). The experimental design of randomized blocks with 27 samplings was carried out, collecting whole plants, one of each genetic material. The total dry matter increased until the fourth year of age, reaching 6,42 kg/plant and the analyzed compartments (leaves, branches, stem, root and fruits) reached 1,02 kg/plant, 0,60 kg/plant, 3,21 kg/plant, 0,37 kg/plant and 1,20 kg/plant, respectively. The contents of Fe, Mn, B, Cu and Zn in the plant increased incrementally until the fourth year of age, reaching 1.368,42 mg, 788,53 mg, 174,40 mg, 78,76 mg, and 72,63 mg Mg, respectively. The order of accumulation was: Fe > Mn > B > Cu > Zn. The highest levels of Cu are in fruits and leaves, Zn in roots, Mn in leaves and branches, Fe in roots and B in leaves. No differences were observed in the leaf contents between the evaluated micronutrients. The B contents did not differ in the compartments analyzed between the genetic materials. The leaves had higher contents of Mn and B, the stem had higher contents of Cu and Zn and the roots had higher Fe contents. The genetic materials of Conilon coffee trees studied presented a daily dry matter accumulation rate of 4,0572 g plant day<sup>-1</sup> and daily accumulation rates (Cu, Zn, Mn, Fe and B) of 0,0470 mg plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, 0,0463 mg plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, 0,4638 mg plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, 0,9805 mg plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> and 0,1128 mg plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, respectively. The highest annual vegetative accumulation rates for micronutrients were observed in the leaves, with the exception of Fe, which presented the highest accumulation rates in the roots. The highest rate of annual accumulation of vegetative dry matter was observed in Tropical Robusta and clones 23 and 120, and the lowest annual dry matter accumulation rate in Clone 14. At 4 years of age, most of the total dry matter were allocated to the stalk (50%), followed fruits (19%), leaves (16%), branches (9%) and roots (6%).

**Keywords:** Conilon coffee. Mineral nutrition. Proportion.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proporção de micronutrientes acumulados pelo cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) aos 1.455 dias após o plantio.....	41
<b>Figura 2.</b> Acúmulo total de matéria seca pelo cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) em função dos dias após o plantio.....	42
<b>Figura 3.</b> Proporção da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) aos 1.455 dias após o plantio.....	42
<b>Figura 4.</b> Acúmulo total de Fe pelo cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) em função dos dias após o plantio.....	43
<b>Figura 5.</b> Proporção do conteúdo de Fe acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) aos 1.455 dias após o plantio.....	44
<b>Figura 6.</b> Acúmulo total de Mn pelo cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) em função dos dias após o plantio.....	44
<b>Figura 7.</b> Proporção do conteúdo de Mn acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) aos 1.455 dias após o plantio.....	45
<b>Figura 8.</b> Acúmulo total de B pelo cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) em função dos dias após o plantio.....	46
<b>Figura 9.</b> Proporção do conteúdo de B acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) aos 1.455 dias após o plantio.....	47
<b>Figura 10.</b> Acúmulo total de Cu pelo cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) em função dos dias após o plantio.....	47
<b>Figura 11.</b> Proporção do conteúdo de Cu acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) aos 1.455 dias após o plantio.....	48
<b>Figura 12.</b> Acúmulo total de Zn pelo cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) em função dos dias após o plantio.....	49
<b>Figura 13.</b> Proporção do conteúdo de Zn acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon ( <i>Coffea canephora</i> ) aos 1.455 dias após o plantio.....	50

<b>Figura 14.</b> Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Robusta Tropical aos 4 anos de idade.....	50
<b>Figura 15.</b> Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Robusta Tropical aos 4 anos de idade.....	51
<b>Figura 16.</b> Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Robusta Tropical aos 4 anos de idade.....	51
<b>Figura 17.</b> Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 02 aos 4 anos de idade.....	52
<b>Figura 18.</b> Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 02 aos 4 anos de idade.....	52
<b>Figura 19.</b> Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 02 aos 4 anos de idade.....	53
<b>Figura 20.</b> Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 03 aos 4 anos de idade.....	53
<b>Figura 21.</b> Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 03 aos 4 anos de idade.....	54
<b>Figura 22.</b> Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 03 aos 4 anos de idade.....	55
<b>Figura 23.</b> Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 14 aos 4 anos de idade.....	56
<b>Figura 24.</b> Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 14 aos 4 anos de idade.....	56
<b>Figura 25.</b> Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 14 aos 4 anos de idade.....	57
<b>Figura 26.</b> Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 23 aos 4 anos de idade.....	58

<b>Figura 27.</b> Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 23 aos 4 anos de idade.....	58
<b>Figura 28.</b> Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 23 aos 4 anos de idade.....	59
<b>Figura 29.</b> Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 120 aos 4 anos de idade.....	60
<b>Figura 30.</b> Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 120 aos 4 anos de idade.....	60
<b>Figura 31.</b> Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 120 aos 4 anos de idade.....	61

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Análise química dos atributos do solo da área experimental localizada na Fazenda Experimental Bananal do Norte, Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim (ES).....24
- Tabela 2.** Resumo das principais características agronômicas da variedade “EMCAPER 8151 (Robusta Tropical)” .....25
- Tabela 3.** Resumo das principais características agronômicas da variedade Clonal “Conilon Vitória (Incaper 8142)” .....25
- Tabela 4.** Matéria seca das partes da planta e relação parte aérea/raiz dos materiais genéticos de café Conilon.....31
- Tabela 5.** Teor de Cu, Zn, Mn, Fe e B em partes da planta dos materiais genéticos de café Conilon.....32
- Tabela 6.** Teores nutricionais foliares considerados adequados para o cafeeiro em diferentes locais.....35
- Tabela 7.** Conteúdo de Cu, Zn, Mn, Fe e B em partes da planta dos materiais genéticos de café Conilon.....36
- Tabela 8.** Matéria seca (MS) e micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe e B) dos materiais genéticos de cafeeiro Conilon, no período compreendido entre 0 dias e 1.455 dias após o plantio.....38
- Tabela 9.** Taxa de acúmulo anual vegetativa de matéria seca dos materiais genéticos de café Conilon.....38
- Tabela 10.** Taxa de acúmulo anual vegetativa de micronutrientes dos materiais genéticos de café Conilon.....39

## LISTA DE ABREVIATURAS

Bord - Bordadura

RT - Robusta Tropical (EMCAPER 8151)

02 - Clone número 02 da variedade clonal INCAPER 8142

03 - Clone número 03 da variedade clonal INCAPER 8142

14 - Clone número 14 da variedade clonal INCAPER 8142

23 - Clone número 23 da variedade clonal INCAPER 8142

120 - Clone número 120 da variedade clonal INCAPER 8142

Cu - Cobre

Zn - Zinco

Mn - Manganês

Fe - Ferro

B - Boro

Ni - Níquel

Mo - Molibdênio

Cl - Cloro

N - Nitrogênio

P - Fósforo

K - Potássio

C - Carbono

O - Oxigênio

S - Enxofre

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Óxido de fósforo

K<sub>2</sub>O - Óxido de potássio

RNA - Ácido ribonucleico

°C - Graus Celsius

mg - Miligrama

g - Grama

kg - Quilograma

C - Conteúdo de micronutrientes (mg)

MS - Peso da matéria seca (kg)

T - Teor do micronutriente (mg/kg)

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	20
2.1 A importância do cafeeiro Conilon no estado do Espírito Santo.....	20
2.2 Conceituação de micronutrientes .....	21
2.3 Aspectos gerais e funções dos micronutrientes .....	21
2.4 Relação solo-planta e mobilidade dos micronutrientes .....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Local de realização do estudo .....	25
3.2 Implantação e condução do cultivo .....	25
3.3 Delineamento experimental .....	28
3.4 Avaliações nutricionais.....	29
3.5 Análises estatísticas .....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1 Avaliações gerais .....	31
4.2 Matéria seca .....	42
4.3 Ferro (Fe) .....	43
4.4 Manganês (Mn).....	45
4.5 Boro (B) .....	46
4.6 Cobre (Cu) .....	48
4.7 Zinco (Zn).....	49
4.8 Robusta tropical .....	51
4.9 Clone 02.....	53
4.10 Clone 03.....	54
4.11 Clone 14.....	56
4.12 Clone 23.....	58
4.13 Clone 120.....	60
5 CONCLUSÕES .....	63
6 REFERÊNCIAS .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

O país deverá colher entre 49,13 e 51,94 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado no ano de 2016, sendo um ano de elevada produção nos estados produtores. O resultado representa um acréscimo, quando comparado com a produção de 43,24 milhões de sacas obtidas no ciclo anterior. Para o café Conilon o levantamento indica uma redução de 2,9% na área estimada em 468.221,1 hectares, contudo, no estado do Espírito Santo está a maior área, 286.371 hectares, seguido de Rondônia, com 94.561 hectares e logo após a Bahia, com 48.614,1 hectares (CONAB, 2016).

A adoção de tecnologias pelos produtores (uso de variedades melhoradas, utilização de poda programada de ciclo, realização da análise de solo e foliar, entre outras) impulsionou a produção de café Conilon no estado do Espírito Santo elevando os níveis de produtividade das lavouras, entretanto, ainda existe uma grande carência de informações sobre a demanda de nutrientes de certos materiais genéticos, que muitas vezes não expressam seu real potencial produtivo em função de uma adubação inadequada e insuficiente, uma vez que demandam uma quantidade de nutrientes maior em relação aos materiais já cultivados (PREZOTTI; BRAGANÇA, 2013).

As plantas possuem diferenças referentes à quantidade de micronutrientes absorvidos e acumulados nos órgãos vegetais, o que pode variar dentro de uma mesma espécie, sendo influenciada por fatores internos e externos. Cada material genético possui uma eficiência na absorção de determinado nutriente, onde essa preferência por um determinado nutriente é influenciada por fatores genéticos presentes em cada material (LARCHER, 2000). O acúmulo de micronutrientes e de matéria seca é bastante variável entre materiais genéticos, onde podem ser verificadas diferentes quantidades de micronutrientes absorvidas e acumuladas nos órgãos de cada material durante as investigações (CATANI et al., 1967; CORREA et al., 1985; CIETTO et al., 1989; BRAGANÇA, 2005).

As quantidades de micronutrientes exigidas pelo cafeeiro Conilon durante o seu ciclo variam de forma significativa, sendo que estes elementos são fundamentais para o metabolismo do cafeeiro (BRAGANÇA, 2005). Além da espécie e do genótipo, as

quantidades de micronutrientes acumuladas variam com o local e a época do ano, idade, órgãos e tecidos de uma mesma planta. A partição destes nutrientes dentro de uma planta depende da distribuição de matéria seca e do teor de nutrientes nos diferentes componentes da planta. Quando ocorre aumento em tamanho em função da idade da planta, a proporção da matéria seca de caule e outros órgãos aumentam, enquanto a proporção de folhas diminui. Sendo assim, espera-se que o conteúdo destes micronutrientes nestas partes se comporte dessa forma (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996).

Essa quantidade de micronutrientes acumulados pelo cafeeiro Conilon é crescente com a idade da planta, acompanhando a curva de acúmulo de matéria seca, mesmo havendo um padrão biológico distinto de absorção de nutrientes em função das fases fenológicas e do tipo de órgão amostrado. A determinação do seu conteúdo por meio da análise de tecidos, juntamente com a determinação da taxa de acúmulo dos nutrientes minerais representam uma importante ferramenta para o manejo nutricional do cafeeiro Conilon (BRAGANÇA, 2005).

Espera-se que o aumento do conteúdo de micronutrientes e a quantidade de matéria seca apresentem um comportamento crescente com a idade das plantas até um determinado período. As características de cada micronutriente em relação à mobilidade e algumas outras funções poderão influenciar diretamente na taxa de acúmulo nas plantas. A fisiologia do cafeeiro Conilon, a mobilidade de cada micronutriente, suas funções e propriedades específicas, influenciam diretamente o comportamento de cada micronutriente nas plantas.

Este estudo foi proposto buscando ampliar a base de conhecimento relativo à nutrição mineral do cafeeiro Conilon. Informações sobre o acúmulo de micronutrientes em *Coffea canephora* ainda são escassos na literatura, mesmo a cultura sendo muito expressiva no estado do Espírito Santo. Desta forma, objetivou-se neste trabalho determinar o acúmulo de micronutrientes, de matéria seca e sua proporção nos diferentes órgãos vegetais de materiais genéticos de cafeeiro Conilon.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A importância do cafeeiro Conilon no estado do Espírito Santo

A cafeicultura é uma das atividades mais importantes do setor agropecuário mundial, brasileiro e do estado do Espírito Santo. Além de desempenhar uma importante função para o desenvolvimento social e econômico do estado, a atividade também promove uma grande geração de empregos, mantendo o homem no campo. São muitos os países envolvidos no setor de produção, o que faz girar a economia de cada entidade envolvida (FERRÃO et al., 2011).

O Espírito Santo ocupa a segunda posição como maior produtor nacional das espécies Arábica (*Coffea arabica*) e Conilon (*Coffea canephora*), com o Conilon sendo uma cultura destaque para o estado, com as maiores produções da espécie nos pólos de produção do norte do estado (CONAB, 2016). A origem da produção cafeeira no Espírito Santo surgiu no século XIX, que desde então, a cultura atravessou por períodos históricos, com oscilações nos níveis de preço, produção e estoques de café (INCAPER, 2015).

O Espírito Santo é o maior produtor nacional da espécie, contribuindo com 70% da produção nacional. Esse ano no estado do Espírito Santo as lavouras de café Conilon foram muito afetadas por problemas climáticos (seca, má distribuição de chuvas, alta temperatura e insolação). Embora a área de cultivo de Conilon no estado e no país tenha sofrido uma redução, a produtividade apresentou ganhos, principalmente relacionados à qualificação tecnológica dos produtores (CONAB, 2016).

O Espírito Santo ocupa menos de 0,5% do território nacional, é o maior produtor da espécie de café robusta e é responsável por 25% dos grãos colhidos. Nesse espaço está inserida uma das mais importantes cafeiculturas do mundo, com um parque que acomoda cerca de 1,1 milhões de covas, que são responsáveis pela produção anual de mais de 10 milhões de sacas, oriundas de mais de 60 mil propriedades (IBGE, 2016).

## **2.2 Conceituação de micronutrientes**

Micronutrientes referem-se a elementos essenciais ao crescimento das plantas, caracterizados por serem absorvidos em pequenas quantidades, em torno de alguns miligramas por quilogramas na matéria seca das plantas, enquanto os macronutrientes compõem alguns gramas por quilogramas na matéria seca. Essa pequena demanda relaciona-se ao fato desses micronutrientes estarem envolvidos na constituição e ativação de enzimas, e outros processos vitais das plantas (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

Mesmo possuindo uma menor exigência quantitativa, estes elementos possuem tanta importância quanto os macronutrientes para as plantas dentro da nutrição mineral, sendo necessários para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Fazem parte das paredes e membranas celulares, participando de enzimas ou são ativadores enzimáticos, além de participarem de outros processos vitais às plantas. O B age como constituinte da parede celular e junto ao Zn constitui também a membrana celular. O Fe, Mn, Cu e Ni são constituintes de enzimas. Mn e Zn são ativadores enzimáticos e no processo fotossintético, Fe, Cu, Mn e Cl estão envolvidos (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

Os micronutrientes podem ser catiônicos (Cu, Fe, Mn, Zn e Ni), os quais são de natureza metálica e participam dos substratos de cultivo na forma de óxidos, hidróxidos ou sais. Podem ser também aniônicos (B, Cl e Mo) sendo não-metais, contudo o B é classificado como um metal de transição (DECHEN; NATCHTIGALL, 2006).

## **2.3 Aspectos gerais e funções dos micronutrientes**

Na cafeicultura, os micronutrientes podem ser aplicados via foliar ou no solo, sendo comumente aplicados no início ou durante o florescimento (PREZOTTI et al., 2007). No Brasil, pesquisas com micronutrientes em cafeeiros somente começaram a se destacar a partir de 1955, onde antes de 1950, não era muito frequente nem conhecido os problemas envolvendo estes elementos nos cafezais. Não se aplicava micronutrientes na cafeicultura (HAAG et al., 1991). De acordo com Bragança (2005), os resultados de

pesquisa com micronutrientes em cafezais somente começaram a ser publicados em 1960.

Micronutrientes estão relacionados diretamente com a produção de plantas de cafeeiro. Mesmo em menores quantidades nos tecidos vegetais, estão relacionados com o desenvolvimento de plantas e podem reduzir a eficiência da utilização dos adubos com os macronutrientes. Estão relacionados com a fase reprodutivas das culturas além de influenciar a produtividade e a qualidade dos grãos, além disso, podem conferir resistência a estresses bióticos e abióticos (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

Muito das deficiências de micronutrientes em plantas estão associadas a falta de determinado elemento. Essas deficiências podem acarretar que as plantas necessitem de uma pequena quantidade para suprir a sua demanda metabólica. Algumas vezes se encontram indisponíveis pela presença de alguns elementos, ou ainda pode haver a atuação de diversos fatores que os tornam indisponíveis às plantas, como pH, o teor de matéria orgânica do solo e sua textura (DECHEN; NATCHTIGALL, 2006).

Podem estar envolvidos na síntese de clorofila e outras substâncias, ou produzir compostos que participam da fotossíntese e respiração como o Fe, participar de processos redox e transporte de elétrons em alguns processos vitais das plantas, além de ativar algumas enzimas como o Mn, formar quelatos e permitir a transferência de elétrons como o Cu, formar complexos tetraédricos com o N e O e ligantes contendo S como o Zn e transportar açúcar, lignificar e estruturar a parede celular, metabolizar carboidratos e RNA, além de participar de alguns processos vitais para às plantas como o B (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

## **2.4 Relação solo-planta e mobilidade dos micronutrientes**

Assim como a necessidade de adequada mobilização de micronutrientes na rizosfera e a subsequente absorção radicular, a mobilidade interna (translocação e retranslocação) dos vários micronutrientes pode desempenhar papel decisivo na eficiência dos micronutrientes nos específicos genótipos de plantas. Em geral, diferentemente do que ocorre com a absorção, há relativamente poucos estudos sobre

processos de translocação e retranslocação de micronutrientes. A mobilidade de cada micronutriente afeta o comportamento de cada elemento nas plantas. Segundo Marschner (2012) Cu, Zn, Mn, Fe são considerados pouco móveis no floema e o B é considerado imóvel. Contudo, as pesquisas atuais vem discutindo muito sobre a mobilidade e processos de transporte e translocação do B nas plantas.

O Cu é absorvido como  $\text{Cu}^{2+}$  e Cu-quelato, sendo pequena a sua concentração nos tecidos da planta, geralmente entre 2 e 20  $\text{mg kg}^{-1}$  na matéria seca. Considera-se que este elemento não é prontamente móvel na planta, embora existam resultados que mostram o movimento de folhas velhas para novas. Quanto ao transporte do Cu no interior da planta, existem resultados que indicam que compostos nitrogenados solúveis, como os aminoácidos, atuam como carregadores deste elemento no xilema e no floema, já que o Cu apresenta forte afinidade com o átomo de N do grupo amino. A mobilidade do Cu dentro das plantas é limitada e dependente do estado nutricional em termos de Cu e de N (LONERAGAN, 1981).

O Zn é encontrado nos solos e nas rochas na forma divalente. O conteúdo de Zn pode ser afetado pelo pH do solo, de forma que o Zn se encontra mais disponível em solos com pH baixo (solos ácidos) que em solos com pH alto (solos alcalinos), apresentando sua mínima disponibilidade em pH acima de 7. O Zn é absorvido na forma de  $\text{Zn}^{2+}$  tanto por via radicular como por via foliar. Alguns autores consideram o Zn altamente móvel, enquanto que outros consideraram o elemento de mobilidade intermediária. A mobilidade do Zn dentro das plantas é baixa e sua translocação ocorre principalmente durante a senescência (WOOD et al., 1986).

O Mn existente no solo é proveniente de óxidos, carbonatos, silicatos e sulfetos. Os óxidos e sulfetos de Mn são as formas encontradas com mais frequência nos solos, sendo comum a sua ocorrência em associação com o Fe. O Mn, da mesma forma que o Fe, é facilmente translocado através do xilema das raízes até as brotações, mesmo as localizadas nos ápices da planta, ) já a translocação no floema é limitada (HORST, 1976). Em contraste com Fe, Zn e Cu, assim que o Mn é incorporado ou imobilizado nas folhas, não pode mais ser retranslocado, mesmo sob senescência induzida.

Fe no solo apresenta-se na forma divalente ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e trivalente ( $\text{Fe}^{3+}$ ), dependendo do estado de oxi-redução do sistema. Muitos solos cultivados apresentam baixo teor de

Fe, tanto na solução do solo como adsorvido em forma trocável. O Fe pode ser absorvido como  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  e como Fe-quelato, sendo que a sua absorção pelas plantas é metabolicamente controlada. Na absorção do Fe são envolvidos pelo menos dois processos (mono e eudicotiledôneas). O Fe incorporado nos cloroplastos tem mobilidade bastante limitada dentro das plantas (TERRY e LOW, 1982).

B disponível para as plantas se encontra na solução do solo como ácido bórico em condições de pH neutro, formando complexos com Ca ou ligado a compostos orgânicos solúveis, sendo a forma em que este nutriente é utilizado pela planta. O B é absorvido pela planta como ácido bórico ( $\text{B(OH)}_3$ ) e provavelmente como ânion borato ( $\text{B(OH)}_4^-$ ) a pH elevados, tanto por via radicular como por via foliar. O B é imóvel nas plantas para muitas espécies (OERTLI e RICHARDSON, 1970). Recentemente reconheceu-se que o B é móvel, em variados graus, no floema de várias espécies de plantas, incluindo uma grande gama de culturas agrícolas e olerícolas, como por exemplo brássicas, cenoura, ervilha, aipo e cebola.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de realização do estudo

A área de estudo localiza-se no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES), no distrito de Pacotuba, na Fazenda Experimental Bananal do Norte pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), entre latitudes de 20° 45' 17.31" S e longitudes de 41° 17' 8.86" W com altitude em torno de 150 m.

O clima da região é do tipo Cwa, com verão chuvoso e inverno seco de acordo com a classificação de Köppen. A região apresenta alta sazonalidade climática, sendo que as estações de baixas e altas pluviosidades estão bem definidas. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa com relevo regional ondulado (8-20% declividade) de acordo com EMBRAPA (2013). A Tabela 1 traz os resultados das análises químicas do solo.

**Tabela 1.** Análise química dos atributos do solo da área experimental localizada na Fazenda Experimental Bananal do Norte, Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim (ES)

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	(H + Al)	SB	t	T
H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						
5,1	8,0	73,0	15,0	1,2	0,6	0,9	3,6	2,0	2,8	5,6
-----										
V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	%		dag/kg	mg/L	mg/dm <sup>3</sup>					
36,0	32,0	1,2	1,9	22,0	1,0	50,0	49,0	0,6	0,6	35,0

pH em água – Relação 1:2,5; P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu – Extrator Mehlich-1; Ca, Mg, Al – Extrator KCl – 1 mol/L; (H+Al) – Correlação com pH SMP; B – Extrator de água quente; S – Extrator fosfato monocalcico em ácido acético; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; Capacidade de troca catiônica a pH 7; V – Saturação por bases; m – Saturação por alumínio; ISNa – Índice de saturação por sódio; MO – Matéria orgânica (C org. x 1,724); P-rem – Fósforo remanescente.

#### 3.2 Implantação e condução do cultivo

Os materiais genéticos de cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre) selecionados para esse estudo foram: EMCAPER 8151 (cultivar de propagação por semente), lançado

com o nome de Robusta Tropical (RT) e os clones 02, 03, 14, 23 e 120 pertencentes à cultivar Vitória (Incaper 8142).

A “EMCAPER 8151 – Robusta Tropical” é oriunda da recombinação de 53 clones de elite do programa de melhoramento de café Conilon da Empresa Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (EMCAPER), provenientes de plantas matrizes superiores selecionadas a partir de 1986 em várias regiões do estado (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo das principais características agronômicas da variedade “EMCAPER 8151 (Robusta Tropical)”

Item	Caracterização
Número de clones envolvidos	53
Maturação dos frutos	Maio/Junho
Arquitetura da planta	Adequado ao adensamento (3-4 mil plantas/ha)
Tamanho do fruto	Peneira média 15
Base genética	Ampla
Rusticidade	Alta
Adaptação	Regiões aptas para Conilon no ES
Produtividade média alcançada	113,2 sc./ha
Produtividade média com irrigação	79,4 sc./ha
Produtividade média sem irrigação	39,5 sc./ha
Produtividade média (4 colheitas)	50,3 sc./ha
Preço das mudas (milheiro)	25% do valor da muda clonal

Fonte: Emcaper (2000).

A variedade “Conilon Vitória (Incaper 8142)” é formada pelo agrupamento de treze clones considerados superiores e possuidores de características em comum. Esses clones sobressaíram-se em relação a uma série de critérios quando comparados aos demais materiais genéticos utilizados como testemunhas nos trabalhos experimentais, destacando-se de forma especial por seu desempenho em relação ao alto nível de produtividade média obtida por um período mínimo oito safras, em condições não irrigadas. A produtividade média obtida pelos clones da nova variedade variou entre 62,0 a 86,1 sc. benef./ha, com média de 70,4 sc benef./ha (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo das principais características agronômicas da variedade Clonal “Conilon Vitória (Incaper 8142)”

Item	Caracterização
Forma de propagação	Assexuada (clonal)
Número de clones	13
Forma de plantio	Cada clone numa linha de plantio
Índice Avaliação Visual (IAV)	7,45 (Escala de 0 a 10)
Vigor vegetativo	Alto
Altura média da planta	2,32 m
Diâmetro médio da copa	2,79 m
Maturação dos frutos	Uniforme
Época de maturação dos frutos	Maior a julho (dependendo do clone)
Reação a Ferrugem ( <i>Hemilea vastatrix</i> )	Moderadamente resistente
Produtividade média (não irrigado)	70,40 sc. benef./há
Incremento de produtividade*	21,05%
Relação Cereja/Beneficiados (massa)	3,92
Relação Coco/Beneficiados (massa)	1,80
Tamanho dos grãos	90,59% peneiras 13 e maiores
Grão moca	21,40%
Déficit hídrico	Tolerante
Adaptação	Áreas para Conilon no ES
Estabilidade de produção	Alta

\*Aumento de produtividade média em relação as demais variedades clonais do Incaper, possível de ser alcançado pela adoção da variedade Conilon Vitória, nos diversos sistemas de produção.

Fonte: Incaper (2007).

As mudas foram plantadas no espaçamento de 2,5 m entre linhas e 1,0 m entre plantas, totalizando 4.000 plantas por hectare. A área total destinada ao cultivo equivale a 1.260 m<sup>2</sup>. As mudas foram plantadas em torno de cinco meses de idade. O experimento foi conduzido durante quatro anos, a partir de abril de 2005 a junho de 2009. As adubações com base na análise do solo e outros tratamentos culturais foram realizados, seguindo-se as recomendações contidas em Bragança et al. (2001).

Antes do plantio foram retiradas amostras compostas do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm para recomendações de adubo e calagem. Foram utilizadas 30 g/cova de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 20 g/cova de FTE BR 12 (Ca 7,1%, S 5,7%, B 1,8%, Cu 0,8%, Mn 2,0%, Mo 0,1%, Zn 9,0%) misturados na cova de plantio (40 x 40 x 40 cm) e 20 g/cova de N e K<sub>2</sub>O, em cobertura. Para a calagem, foi empregado calcário dolomítico em área total e na cova, sendo as doses do corretivo calculadas pelo método da saturação em bases, usando-se 70% como valor de referência. Durante a formação das plantas, foram utilizados 50 g/cova de N e 40 g/cova de K<sub>2</sub>O, respectivamente. Na fase de produção, as

mesmas foram conduzidas com 500 kg ha<sup>-1</sup> N, 75 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 450 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O em três parcelamentos.

### 3.3 Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso. Foram realizadas 27 amostragens após o plantio das mudas (0, 42, 72, 112, 140, 168, 191, 237, 294, 337, 364, 405, 454, 498, 559, 615, 695, 749, 813, 1009, 1071, 1134, 1220, 1289, 1352, 1455 DAP), as quais foram padronizadas utilizando o acúmulo dos atributos analisados (Matéria seca, Cu, Zn, Mn, B e Fe) num período considerado entre 0 a 1500 dias após o plantio (DAP) em intervalos de 100 em 100 DAP, para manter uma proporcionalidade entre o eixo x e y das retas.

Cada planta representou uma parcela experimental. O experimento foi constituído por 6 linhas, sendo que cada linha foi composta por 36 plantas úteis e 36 plantas de bordadura. Foram consideradas plantas úteis aquelas utilizadas nas avaliações. Cada planta útil foi circundada por outros clones da mesma variedade, que constituíram a bordadura. Em cada amostragem, foi tomada aleatoriamente uma planta competitiva (parcela experimental), ou seja, uma planta cujas vizinhas não tivessem sido removidas em amostragens anteriores, de cada bloco. As plantas foram conduzidas sem podas e coletadas inteiras, incluindo-se as raízes. O arranjo experimental segue de acordo ao croqui abaixo:

```

Bord . . . . .
RT . x . x . x . x . x . x . x . x . (...) x . x . x . x . x . x . x . x . x .
02 . x . x . x . x . x . x . x . x . (...) x . x . x . x . x . x . x . x . x .
03 . x . x . x . x . x . x . x . x . (...) x . x . x . x . x . x . x . x . x .
14 . x . x . x . x . x . x . x . x . (...) x . x . x . x . x . x . x . x . x .
23 . x . x . x . x . x . x . x . x . (...) x . x . x . x . x . x . x . x . x .
120 . x . x . x . x . x . x . x . x . (...) x . x . x . x . x . x . x . x . x .
Bord . . . . .

```

Legenda: x = planta útil; . bordadura.

### 3.4 Avaliações nutricionais

Para a retirada das raízes, foi aberta uma trincheira ao redor das plantas, com enxadão, sendo a remoção completada por meio de jatos d'água. Os órgãos da planta foram separados em raízes, caule (tronco + ramos ortotrópicos), ramos plagiotrópicos, folhas e frutos. Após o 2º ano, os frutos foram colhidos, secados (11% umidade) e beneficiados. Os frutos foram avaliados com casca, e flores e botões florais não foram considerados. Todas as amostras foram lavadas sob fluxo contínuo de água de torneira, enxaguadas com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, até peso constante. Posteriormente, foi realizada a pesagem da massa de matéria seca e sua moagem em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 0,85 mm (20 mesh).

Uma amostra de 0,500 g da massa de matéria seca foi digerida pela mistura nitroperclórica para determinação de Cu, Fe, Mn e Zn. Na determinação do B, foi utilizado amostras de 0,200 g de massa da matéria seca, que foram submetidas ao processo de incineração. A quantificação dos nutrientes foi realizada de acordo com os seguintes métodos (MALAVOLTA et al., 1997): Cu, Fe, Mn e Zn, pelo método da espectrofotometria de absorção atômica; e o B, pelo método colorimétrico da azometina H. Os teores de Fe, Zn, Mn, B e Cu foram expressos em mg/kg, o conteúdo em mg e a massa de matéria seca em g, enquanto que as taxas de acúmulo de matéria seca e de micronutrientes foram expressas em g/ano, mg/dia/planta e mg/ano.

O cálculo do conteúdo dos nutrientes nos órgãos da planta foi feito multiplicando-se os teores dos nutrientes pelos respectivos valores do peso da matéria seca, obtidos em cada amostragem, conforme a fórmula  $C = MS \times T$ , onde C = conteúdo de micronutrientes (mg), MS = peso da matéria seca (kg) e T = teor do micronutriente (mg/kg). O conteúdo total na planta foi obtido tomando-se os conteúdos de cada órgão. A relação parte aérea/raiz foi obtida pela divisão da matéria seca das partes vegetativas dos diferentes materiais genéticos (folhas + ramos + caule) pela matéria seca de raiz. A taxa de acúmulo anual de matéria seca foi obtida subtraindo a matéria seca estimada em determinado ano, pela matéria seca estimada no ano anterior. A taxa de acúmulo anual de micronutrientes foi obtida pela subtração do conteúdo estimado para o nutriente, em um determinado ano, pelo conteúdo estimado no ano anterior. O teor médio de cada

micronutriente em relação ao peso da matéria seca total foi obtido por meio do quociente entre essas variáveis (BRAGANÇA, 2005; BRAGANÇA et al., 2007).

### **3.5 Análises estatísticas**

As variáveis dependentes foram submetidas à análise de variância. Realizou-se teste de médias em nível de 5% de probabilidade com os materiais genéticos utilizando o software R. Na análise de regressão, foram testados os modelos matemáticos lineares e polinomiais (2º, 3º e 4º grau) e optou-se por utilizar o modelo linear que foi o modelo mais representativo para o fenômeno em estudo. Foram ajustados os modelos matemáticos de regressão e as suas significâncias foram testadas em nível de 1% e 5% de probabilidade por meio do software Sisvar. Os melhores modelos matemáticos foram selecionados por meio da análise gráfica dos resíduos e do coeficiente de determinação. A variável independente foi a idade da planta, expressa em dias após o plantio. Todas as figuras foram feitas utilizando a ferramenta do Microsoft Excel.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Avaliações gerais**

Observam-se valores médios de matéria seca acumulados em cada compartimento da planta durante o período do experimento e a relação de matéria seca entre a parte aérea e as raízes das plantas. Nota-se que houve diferença estatística entre os materiais genéticos avaliados em todos os compartimentos, exceto na relação parte aérea/raiz. Algumas características de acúmulo de matéria seca podem ser relacionadas com algumas características das plantas, como a resistência à seca por uma maior biomassa de raízes, como ao potencial produtivo da cultura e as características da bienalidade, com uma alta conversão de biomassa dos compartimentos vegetais em produção, sendo expressos em elevadas biomassas de frutos (Tabela 4).

O Robusta Tropical, que é um material propagado por semente apresentou um maior acúmulo em média de matéria seca junto com os clones 02, 03 e 23. O Clone 14 foi o material genético que teve a menor acumulação média de matéria seca na parte vegetativa. Para os demais compartimentos, os materiais genéticos apresentaram comportamentos estatísticos bastante similares.

Os desgastes que as plantas sofrem com as colheitas, assim como os efeitos da bienalidade da cultura, podem exercer uma determinada influência na relação parte aérea/raiz. Além disso, essa relação tende a ser menor à medida que as plantas se desenvolvem. Contudo essa relação apresentou um comportamento bastante similar entre os materiais genéticos, não havendo nenhuma diferença estatística, indicando que todas as plantas são interferidas da mesma forma em função dos desgastes, além dos efeitos ambientais e genéticos (PREZOTTI; BRAGANÇA, 2013).

**Tabela 4.** Matéria seca das partes da planta e relação parte aérea/raiz dos materiais genéticos de café Conilon

Material Genético	Folha (F)	Ramo (R)	Caule (C)	Raiz (RZ)	Fruto	Parte Vegetativa (F+R+C+RZ)	Parte aérea/raiz
RT	672,31 ab	347,70 ab	1.324,72 a	334,68 a	1.286,66 a	2.679,41 a	7,00 a
02	621,64 ab	332,88 ab	841,71 bc	240,28 bc	972,66 b	2.036,53 ab	7,47 a
03	550,54 b	323,95 ab	882,74 bc	235,24 bc	1.012,00 ab	1.992,48 ab	7,46 a
14	362,56 c	205,58 c	466,03 c	164,76 c	857,33 bc	1.198,95 c	6,27 a
23	791,69 a	386,31 a	1.241,23 ab	307,16 ab	989,33 b	2.726,40 a	7,87 a
120	524,43 bc	273,51 bc	778,03 c	213,26 c	982,00 b	1.789,25 bc	7,38 a
CV%	37,25	36,48	56,35	43,10	31,86	43,57	35,19

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferenciam entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

É muito comum confundir os termos “teor” e “conteúdo” de nutrientes. O teor refere-se à concentração de um nutriente no tecido vegetal, (% , g/kg, mg/kg), enquanto que o conteúdo refere-se à quantidade do elemento em um determinado órgão, parte aérea, raízes, toda a planta (g/planta, mg/planta) (FAQUIN, 2002).

Para cada micronutriente, as diferenças estatísticas foram observadas nos ramos, no caule, nas raízes e nos frutos. Os teores foliares dos micronutrientes avaliados não se diferiram entre os materiais genéticos estudados. Verifica-se elevados teores de Fe nas raízes em todos os materiais, onde não houve nenhuma diferença estatística. Tal fato pode ser associado com a grande presença de Fe nos latossolos e uma alta seletividade das plantas para alocarem essa elevada concentração de Fe nas raízes (Tabela 5).

O Fe é um micronutriente associado aos cloroplastos nas plantas, sendo participante fundamental dos processos fotossintéticos. Nas plantas, os cloroplastos estão presentes nas células, sendo que a maior parte ocorre nas folhas e outra parte nos caules e ramos, onde ocorre a maior incidência de luz. Os elevados teores de Fe verificados nas raízes do cafeeiro podem representar alguma controvérsia, que pode estar associada à fisiologia das plantas e as particularidades do Fe nos solos. As raízes não apresentam cloroplastos, ao menos que estas sejam submetidas a algum tipo de estímulo luminoso (DECHEN; NATCHTIGALL, 2006; MARSCHNER, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013).

Levando em consideração a média dos materiais genéticos avaliados, nota-se que para cada micronutriente, a variação dos teores é diferente em cada compartimento da planta, o que pode estar associado aos processos vitais das plantas, levando cada um dos micronutrientes estarem mais ou menos presente em determinada parte da planta (LARCHER, 2000).

**Tabela 5.** Teor de Cu, Zn, Mn, Fe e B em partes da planta dos materiais genéticos de café Conilon

Material Genético	Folha	Ramo	Teor de Cu		
			Caule	Raiz	Fruto
mg/kg					
RT	17,36 a	13,32 b	12,64 a	10,08 a	16,53 a

02	17,68 a	16,32 ab	14,00 a	10,92 a	17,46 a
03	17,56 a	14,44 ab	13,68 a	11,72 a	17,45 a
14	20,20 a	18,08 a	16,24 a	11,12 a	20,57 a
23	18,32 a	16,64 ab	14,52 a	13,84 a	19,69 a
120	18,96 a	15,48 ab	12,68 a	11,44 a	20,23 a
Média	18,34 A	15,71 B	13,96 C	11,52 D	18,65 A

## Teor de Zn

RT	14,12 a	26,52 b	9,84 ab	34,84 b	9,69 a
02	14,52 a	34,48 a	9,48 ab	40,16 a	8,38 a
03	13,88 a	28,84 ab	11,08 a	40,92 a	10,81 a
14	16,16 a	34,88 a	12,28 a	38,64 ab	9,92 a
23	16,24 a	27,44 ab	8,68 b	38,52 ab	9,23 a
120	15,12 a	32,12 ab	9,28 ab	35,44 b	9,76 a
Média	15,00 C	30,71 B	10,10 D	38,08 A	9,63 D

## Teor de Mn

RT	168,44 a	99,00 bc	42,44 b	46,20 a	70,53 ab
02	167,72 a	133,08 a	54,68 ab	53,84 a	63,76 b
03	177,12 a	67,04 c	39,04 b	59,80 a	79,45 a
14	180,68 a	121,48 ab	62,12 a	51,04 a	81,21 a
23	183,64 a	88,20 bc	43,72 b	52,48 a	60,07 b
120	169,12 a	108,44 ab	45,92 ab	49,88 a	60,30 b
Média	174,45 A	102,87 A	47,98 C	52,20 C	69,22 B

## Teor de Fe

RT	157,96 a	62,12 ab	59,48 b	1.355,52 a	74,76 c
02	176,20 a	56,84 b	79,28 a	1.380,52 a	81,61 c
03	165,40 a	73,08 a	73,84 a	1.499,72 a	135,00 a
14	162,68 a	66,80 ab	74,12 a	1.276,56 a	127,92 ab
23	163,76 a	66,84 ab	70,80 a	1.346,28 a	102,23 b
120	151,96 a	60,96 ab	74,68 a	1.201,52 a	114,76 b
Média	162,99 B	64,44 C	72,03 C	1.343,66 A	106,04 BC

Teor de B					
RT	49,16 a	22,00 a	15,48 a	18,60 a	32,84 a
02	54,92 a	23,04 a	15,68 a	18,04 a	30,00 a
03	52,24 a	22,72 a	16,84 a	18,48 a	30,72 a
14	52,24 a	23,00 a	16,40 a	17,40 a	29,78 a
23	53,88 a	22,24 a	16,32 a	17,92 a	32,84 a
120	50,52 a	22,52 a	16,60 a	18,56 a	28,00 a
Média	52,16 A	22,58 C	16,22 D	18,16 D	30,69 B

\*Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores foliares dos micronutrientes avaliados neste estudo se encontram dentro da faixa de valores considerados adequados para o cafeeiro no estado do Espírito Santo, com o valor médio do Cu sendo superior aos valores propostos na faixa adequada (Tabela 6).

A absorção de nutrientes varia com a espécie, e dentro desta, entre diferentes materiais genéticos. O comportamento do acúmulo de micronutrientes pode ser influenciado pelos efeitos diluição e concentração de determinados nutrientes. Se por acaso houver uma paralisação do crescimento das plantas em certo tempo e os nutrientes não forem absorvidos esses se tornarão concentrados nos tecidos vegetais, e por sua vez, a curva de acúmulo de matéria seca será interferida. Ao invés disso, se os teores de nutrientes nos tecidos começarem a cair em determinado período e o acúmulo de biomassa se manter crescente, o elemento cai no efeito diluição, onde a taxa de crescimento relativo de matéria seca é superior a taxa de absorção relativa do nutriente (FONTES, 2001).

As plantas, ao iniciarem seu desenvolvimento, emitem as raízes e, posteriormente, a parte aérea se desenvolve, tornando-se apta a fixar o CO<sub>2</sub> em presença de luz. Quando as folhas são ainda jovens (drenos) necessitam receber carboidratos e aminoácidos que advêm, inicialmente, das reservas das sementes e, posteriormente, das folhas já desenvolvidas (fonte), que podem exportar até 50 % dos fotossintetizados, sendo o restante usado no próximo metabolismo e na própria respiração, convertidos em processos fisiológicos (BUCHANAN, 2000; MARSCHNER, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013).

**Tabela 6.** Teores nutricionais foliares considerados adequados para o cafeeiro em diferentes locais

Nutriente	Locais			
	Brasil		Colômbia	Costa Rica
	Minas Gerais	Espírito Santo		
Macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )				
N	27 - 32	29 - 32	25 - 30	23 - 28
P	1,5 - 2,0	1,2 - 1,6	1,1 - 1,5	1,2 - 2,0
K	19 - 24	18 - 22	15 - 18	17 - 27
Ca	10 - 14	10 - 13	7 - 13	8 - 11
Mg	3,1 - 3,6	3,1 - 4,5	3,5	2,0 - 3,5
S	1,5 - 2,0	1,5 - 2,0	-	2
Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )				
B	60 - 80	40 - 80	40 - 60	60 - 100
Cu	8 - 16	8 - 16	-	6 - 12
Fe	90 - 180	70 - 180	90 - 140	75 - 275
Mn	120 - 210	50 - 200	50 - 220	50 - 150
Zn	8 - 16	10 - 20	-	15 - 20
Mo	0,15 - 0,20	-	-	-

Fonte: Malavolta, 1996; Prezotti et al., 2007.

Com exceção do Fe, que se encontra em maior quantidade nas raízes, os demais micronutrientes avaliados estão em maior quantidade nas folhas e no caule (Cu, Mn e B) e nas folhas e raízes (Zn) (Tabela 7). O elevado conteúdo de Fe observado nas raízes de cafeeiros, não reflete uma necessidade fisiológica da planta, mas sim a uma excessiva deposição deste elemento no apoplasto das células radiculares (BRAGANÇA, 2005; BRAGANÇA et al., 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Associado com uma alta seletividade das raízes do cafeeiro pelo Fe e uma elevada presença do elemento nos latossolos, as substâncias pécticas são importantes para a nutrição mineral das plantas. Quando formados por ácido 1,4 D galacturônico ou heteropolissacarídeos, os ácidos galacturônicos apresentam grupos metila esterificados e se encontram aderidos às microfibrilas das paredes celulares, formando um feixe onde podem ser visualizados os resíduos de cargas negativas. Algumas regiões das raízes de eudicotiledôneas, como é o caso do cafeeiro, apresentam uma elevada densidade de cargas quando comparadas com as monocotiledôneas, por exemplo, gerando uma elevada capacidade de troca catiônica radicular (CTCr). Quando o Fe se encontra na forma reduzida (Fe<sup>2+</sup>) e é absorvido pelas plantas, dentro da via apoplástica ele poderá

ser retido no apoplasto, em função de uma alta densidade de cargas negativas (DECHEN; NATCHTIGALL, 2006).

As folhas são consideradas centro das atividades metabólicas da planta e possuem a maior proporção de células vivas e, o que faz com que as folhas apresentem uma maior quantidade de nutrientes em função dos processos de transpiração e fotossíntese. Ainda, segundo esses autores, os ramos e o caule, apresentam grande quantidade de células que já perderam o seu protoplasto. Esse fato, aliado à maior quantidade de matéria seca das partes do cafeeiro que já apresentam crescimento secundário, faz com que a quantidade de nutrientes seja menor (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996).

**Tabela 7.** Conteúdo de Cu, Zn, Mn, Fe e B em partes da planta dos materiais genéticos de café Conilon

Material Genético	Folha	Ramo	Caule	Raiz	Fruto
Conteúdo de Cu					
mg					
RT	13,92 ab	4,71 ab	13,17 ab	3,19 ab	4,67 bc
02	12,06 ab	5,65 ab	11,88 abc	2,67 ab	6,01 b
03	10,52 ab	4,57 ab	11,33 abc	2,63 ab	3,40 c
14	7,25 b	3,78 b	6,97 c	1,78 b	5,24 bc
23	15,98 a	6,54 a	17,16 a	3,84 a	8,59 ab
120	11,78 ab	4,41 ab	9,30 bc	2,18 b	9,13 a
Média	11,91 A	4,94 BC	11,63 A	2,71 C	6,17 B
Conteúdo de Zn					
RT	13,64 a	7,38 ab	7,60 a	10,88 a	3,12 b
02	9,06 ab	9,71 a	5,75 ab	10,57 a	2,83 bc
03	7,34 ab	7,60 ab	5,89 ab	9,09 ab	2,79 bc
14	5,50 b	6,13 b	3,38 b	5,75 b	2,64 bc
23	13,56 a	8,56 ab	7,26 a	10,46 a	4,72 a
120	8,45 ab	8,20 ab	5,20 ab	7,26 ab	4,80 a
Média	9,59 A	7,93 AB	5,84 BC	9,00 A	3,48 C

Conteúdo de Mn

RT	99,39 a	47,04 ab	48,67 a	17,60 a	12,29 b
02	94,90 a	53,77 a	50,37 a	16,06 a	20,39 ab
03	88,21 ab	22,85 c	34,61 b	16,68 a	19,90 ab
14	75,21 b	29,76 bc	32,21 b	9,08 b	21,04 ab
23	97,74 a	37,81 abc	44,04 ab	17,58 a	25,05 ab
120	82,75 ab	36,00 abc	40,60 ab	11,87 b	29,27 a
Média	89,70 A	37,87 B	41,75 B	14,81 C	21,32 C

Conteúdo de Fe

RT	68,01 a	24,54 a	39,35 ab	102,44 a	35,22 b
02	61,99 ab	18,82 b	28,69 b	102,04 a	44,67 bc
03	57,68 b	26,90 a	44,85 ab	98,43 ab	25,61 c
14	50,05 b	13,89 c	23,17 b	77,21 b	47,50 bc
23	88,23 a	26,34 a	54,17 a	100,04 a	67,71 ab
120	67,97 ab	15,74 bc	23,33 b	94,00 ab	77,48 a
Média	65,65 B	21,03 D	35,59 CD	95,69 A	49,69 BC

Conteúdo de B

RT	32,74 b	7,64 a	19,82 a	5,69 a	10,59 b
02	34,99 ab	7,59 a	12,50 ab	4,01 abc	9,84 bc
03	31,41 bc	7,28 ab	13,97 ab	4,22 abc	8,63 bc
14	19,90 c	4,74 b	7,43 b	2,66 c	10,06 b
23	44,70 a	8,44 a	19,48 a	5,13 ab	19,24 a
120	28,30 bc	6,01 ab	12,78 ab	3,71 bc	15,91 ab
Média	32,00 A	6,95 CD	14,33 B	4,23 D	12,37 BC

\*Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As equações de regressão apresentam declividades variadas, indicando as diferentes taxas de acúmulo de matéria seca e micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe e B) entre os materiais genéticos (Tabela 8). Os materiais genéticos de cafeeiro Conilon estudados apresentaram uma taxa de acúmulo diário de matéria seca de  $4,0572 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e as taxas de acúmulo diário de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe e B) de  $0,0470$

mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,0463 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,4638 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,9805 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e 0,1128 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

O acúmulo de matéria seca e micronutrientes nas plantas pode ser influenciado por uma série de fatores ambientais, fatores relacionados ao manejo e os fatores genéticos envolvidos com a fisiologia das plantas de cada genótipo cultivado. Na tentativa da representação de um comportamento biológico por modelos matemáticos, os modelos lineares foram os que apresentaram significância e uma melhor representatividade para o fenômeno em estudo.

**Tabela 8.** Matéria seca (MS) e micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe e B) dos materiais genéticos de cafeeiro Conilon, no período compreendido entre 0 dias e 1.455 dias após o plantio

Atributo analisado	Equação	R <sup>2</sup>
MS	MS = - 845,900 + 4,0572 DAP	0,972**
Cu	Cu = - 0,759 + 0,0470 DAP	0,990**
Zn	Zn = 0,064 + 0,0463 DAP	0,962**
Mn	Mn = - 114,160 + 0,4638 DAP	0,929**
Fe	Fe = - 229,130 + 0,9805 DAP	0,963**
B	B = - 18,594 + 0,1128 DAP	0,969**

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

O Robusta Tropical e os clones 23 e 120 foram os materiais genéticos que apresentaram as maiores taxas de acúmulo anual de matéria seca vegetativa, acumulando 2.349,82, 2.042,38 e 1.928,54 g/ano na parte vegetativa (Folha+Ramo+Caule+Raiz), respectivamente. O Clone 14 foi apresentou o menor acúmulo de matéria seca vegetativa, acumulando 901,22 g/ano. As maiores taxas de acúmulo de biomassa nos compartimentos avaliados também ser associadas com a indução de fatores de resistência e na expressão do potencial produtivo dos materiais genéticos estudados (Tabela 9).

**Tabela 9.** Taxa de acúmulo anual vegetativa de matéria seca dos materiais genéticos de café Conilon

Material Genético	Folha (F)	Ramo (R)	Caule (C)	Raiz (RZ)	Parte Vegetativa
					(F+R+C+RZ)
g/ano					
RT	876,00 a	207,13 a	860,36 a	406,33 a	2.349,82 a
02	541,23 b	264,23 a	677,00 b	186,50 b	1.668,96 b
03	304,56 c	282,98 a	553,70 b	164,33 b	1.305,57 bc
14	267,33 c	155,83 b	353,73 c	124,33 b	901,22 c
23	576,16 b	256,06 a	988,16 a	222,00 ab	2.042,38 ab
120	553,66 b	226,30 a	972,33 a	176,25 b	1.928,54 ab
Média	519,82 BC	232,08 C	734,21 B	213,29 C	1.699,41 A

\*Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As taxas de acúmulo anual vegetativa para cada um dos micronutrientes é bastante variada. Destacam-se os materiais genéticos Robusta Tropical e os clones 23, 120, onde foram observadas as maiores taxas de acúmulo anual em quase todos os micronutrientes estudados, com exceção do Fe. Os clones 02, 03 e 14 foram onde se observaram as menores taxas de acúmulo anual entre os micronutrientes avaliados.

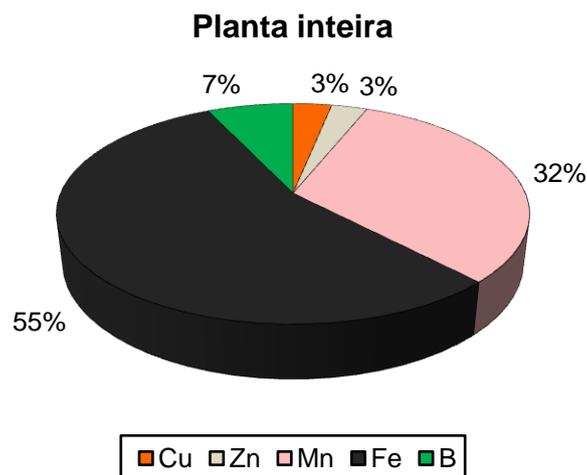
**Tabela 10.** Taxa de acúmulo anual vegetativa de micronutrientes dos materiais genéticos de café Conilon

Material Genético	Folha (F)	Ramo (R)	Caule (C)	Raiz (RZ)	Parte Vegetativa
					(F+R+C+RZ)
mg/ano					
Cu					
RT	31,96 a	3,15 c	17,05 ab	6,02 a	59,18 ab
02	18,87 b	4,01 c	5,94 b	2,62 b	31,70 b
03	9,17 c	3,24 c	6,62 b	1,54 b	20,58 c
14	8,29 c	4,39 c	6,52 b	1,05 b	20,28 c
23	26,47 ab	8,82 b	25,33 a	6,50 a	67,12 a
120	18,36 b	19,78 a	9,45 b	5,67 a	53,96 ab
Média	18,85 A	7,23 BC	11,81 AB	3,9 C	42,13
Zn					
RT	15,45 a	4,99 ab	4,61 ab	7,89 ab	32,63 a
02	12,22 ab	6,11 a	4,78 ab	5,62 b	28,12 b
03	6,93 b	5,97 ab	3,29 b	2,64 c	18,58 c
14	7,26 b	4,34 ab	1,81 b	2,09 c	14,93 c
23	16,07 a	6,36 a	5,78 a	9,69 a	37,87 a
120	17,10 a	6,55 a	5,79 a	6,91 ab	36,40 a
Média	12,50 A	5,72 B	4,34 B	5,80 B	28,08

Mn					
RT	210,92 ab	63,82 a	109,55 ab	30,39 a	414,66 ab
02	181,33 ab	49,61 b	58,96 ab	10,28 c	299,67 b
03	125,38 ab	16,81 c	36,29 b	7,08 c	185,59 c
14	76,54 b	28,83 c	20,50 b	18,54 b	144,41 c
23	259,90 a	68,63 a	158,32 a	16,29 b	503,14 a
120	176,41 ab	45,15 b	56,71 ab	7,81 c	286,08 b
Média	171,74 A	45,47 BC	73,38 B	15,06 B	305,59
Fe					
RT	248,85 a	25,64 a	116,26 a	472,92 a	863,67 a
02	65,33 b	29,22 a	23,91 c	101,69 c	220,15 c
03	80,75 b	22,79 a	25,84 c	163,01 b	292,39 c
14	204,53 a	16,23 b	18,00 c	326,02 ab	564,78 b
23	73,97 b	12,33 b	51,89 b	190,16 b	328,35 c
120	80,40 b	7,59 b	38,25 c	190,62 b	316,96 c
Média	125,63 B	18,96 D	45,69 C	240,73 A	431,05
B					
RT	56,12 a	4,69 b	12,67 ab	6,56 a	80,06 a
02	20,81 b	7,01 a	16,37 a	5,51 ab	49,70 b
03	19,49 c	7,48 a	8,17 b	3,51 b	38,65 c
14	14,67 c	5,81 b	6,36 b	2,84 b	29,68 c
23	28,61 b	7,56 a	16,69 a	6,09 a	58,95 b
120	27,69 b	7,46 a	13,51 ab	4,48 ab	53,14 b
Média	27,89 A	6,67 C	12,29 B	4,83 C	51,69

\*Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A quantidade de micronutrientes acumulada pelo cafeeiro Conilon aos 1.455 dias após o plantio, levando em consideração a média dos respectivos materiais genéticos, pode ser observada na Figura 1. O micronutriente mais acumulado por planta foi o Fe (1.368,42 mg), seguido de Mn (788,53 mg), B (174,40 mg), Cu (78,76 mg) e Zn (72,63 mg), resultados semelhantes aos verificados por Bragança (2005), ao estudar o acúmulo de micronutrientes em outros materiais genéticos de cafeeiro Conilon em Marilândia (ES).



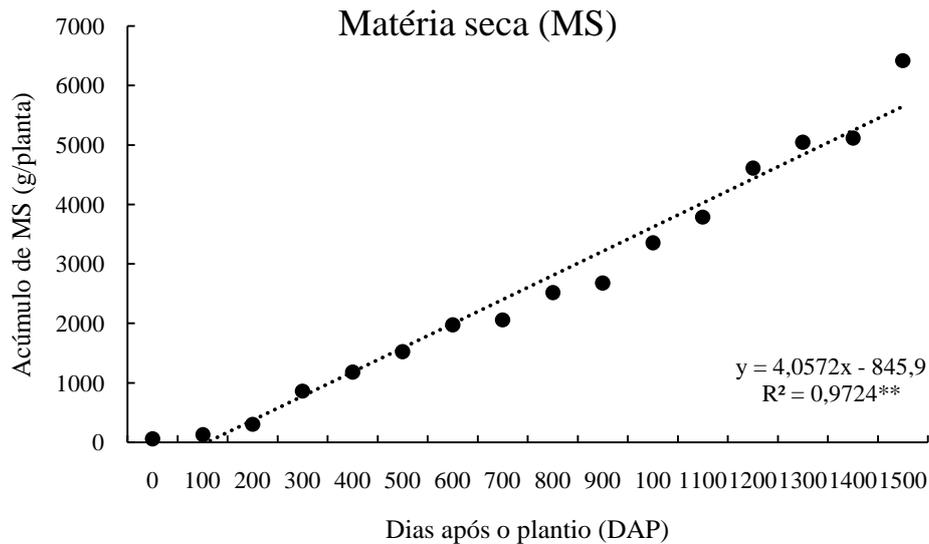
**Figura 1.** Proporção de micronutrientes acumulados pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 1.455 dias após o plantio.

## 4.2 Matéria seca

Nota-se que o comportamento da curva foi crescente à medida que a idade das plantas se aumenta. Com os modelos lineares, tanto no acúmulo de matéria seca, quanto no de acúmulo de micronutrientes, foi possível chegar a uma melhor representatividade do comportamento biológico das plantas.

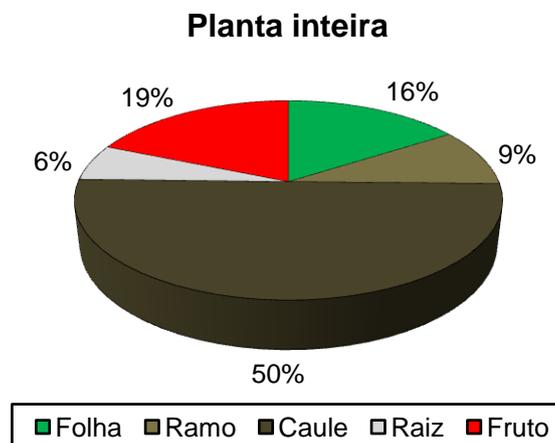
Os modelos lineares apresentaram comportamento crescente. Aos 1.455 dias após o plantio ou 4 anos de idade, o acúmulo de matéria seca total foi de 6.420 g de matéria seca nos compartimentos analisados (Figura 2).

Os valores encontrados nas fórmulas dos modelos lineares de regressão para os atributos avaliados (Matéria seca, Cu, Zn, Mn, Fe e B) serão os valores estimados, que nem sempre são os mesmos dos valores observados. Os valores da reta equivalem aos valores estimados, que são ajustados dentro do modelo matemático, na tentativa de representar os valores observados no estudo (reais). Além da significância do modelo e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), os modelos lineares foram os mais representativos.



**Figura 2.** Acúmulo total de matéria seca pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) em função dos dias após o plantio.

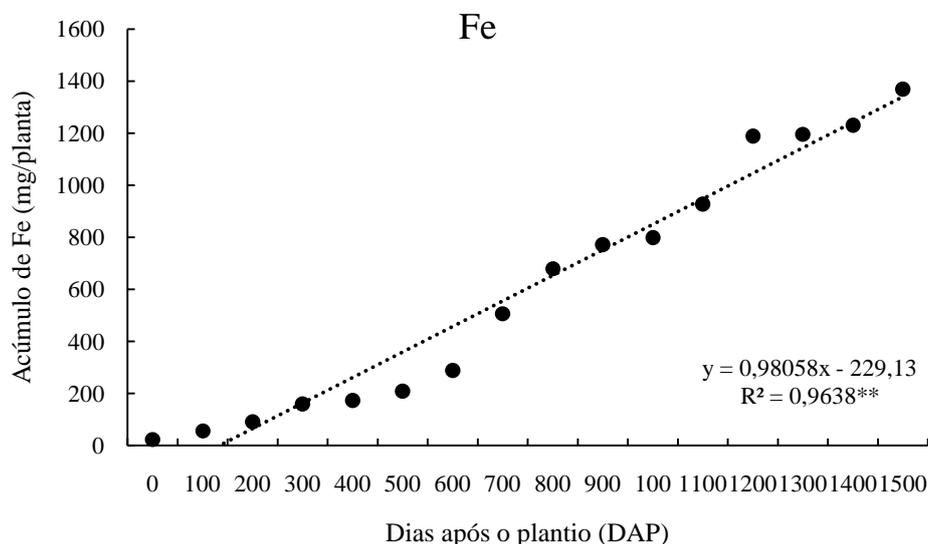
A maior parte do total de matéria seca acumulado foi alocada no caule (50%), seguido pelos frutos (19%), folhas (16%), ramos (9%) e raízes (6%). Cada planta acumulou cerca de 6.420 g de matéria seca, sendo que 3.216,33 g acumulados no caule, 1.201 g nos frutos, 1.020,83 g nas folhas, 603,67 g nos ramos e 378,16 g nas raízes (Figura 3).



**Figura 3.** Proporção da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 1.455 dias após o plantio.

### 4.3 Ferro (Fe)

O conteúdo total de Fe no cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 1.368,42 mg/planta aos 1.455 dias após o plantio (Figura 4), o que equivale a uma imobilização (retido nas plantas na forma de acúmulo) de 5,47 kg ha<sup>-1</sup> de Fe, representando 55% do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados (Figura 1).

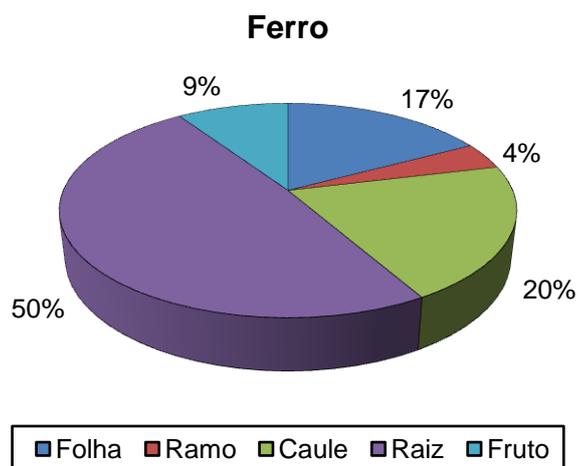


**Figura 4.** Acúmulo total de Fe pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) em função dos dias após o plantio.

Verifica-se que aos 4 anos de idade, o Fe foi o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon. Do total de 1.368,42 mg de Fe acumulado na planta, verificou-se que 669,03 mg foram alocados nas raízes (50%), 280,09 mg alocados no caule (20%), 235,50 mg alocados nas folhas (17%), 128,98 mg alocados nos frutos (9%) e 54,82 mg alocados nos ramos (4%) (Figura 5).

O Fe é o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro, fato que foi observado por diversos autores (CATANI et al., 1967; CORREA et al., 1985; CIETTO e HAAG, 1989; BRAGANÇA, 2005). Nas plantas, a maior parte do Fe ocorre nos cloroplastos, onde têm um papel importante na fotossíntese e biossíntese de proteínas e clorofila. É componente de sistemas redox, sendo constituinte enzimático das hemoproteínas e ferrossulfoproteínas, além de outras enzimas menos caracterizadas (BUCHANAN, 2000; MARSCHNER, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013).

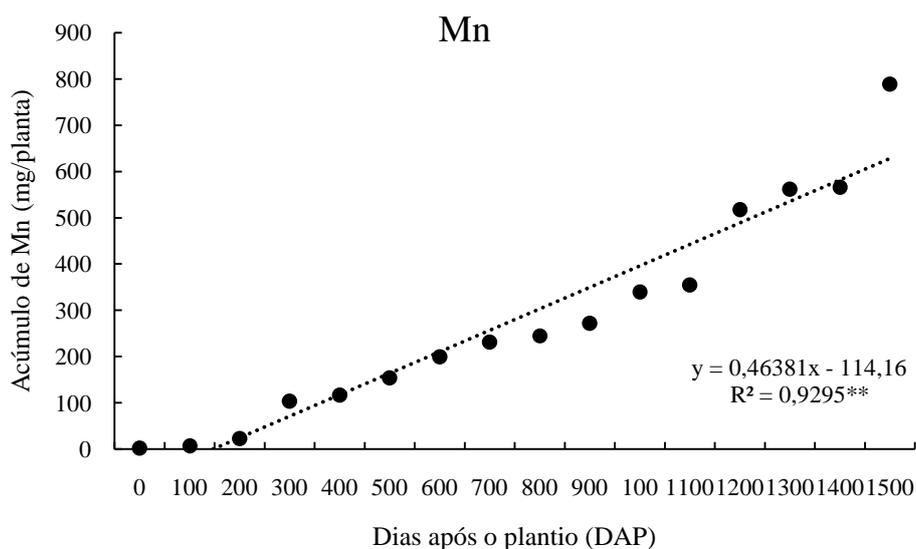
Levando-se em consideração a produção total de matéria seca constatada aos 4 anos de idade (6,42 kg/planta) e o conteúdo total de Fe (1.368,42 mg/planta), verificou-se que o mesmo correspondeu a um teor médio de 213,15 mg/kg de matéria seca.



**Figura 5.** Proporção do conteúdo de Fe acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 1.455 dias após o plantio.

#### 4.4 Manganês (Mn)

Após o Fe, o Mn foi o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, representando 32% do total de micronutrientes (Figura 1). O conteúdo total de Mn aumentou até alcançar 788,53 mg/planta aos 1.455 dias após o plantio, o equivalente a uma imobilização de 3,15 kg ha<sup>-1</sup> de Mn (Figura 6).

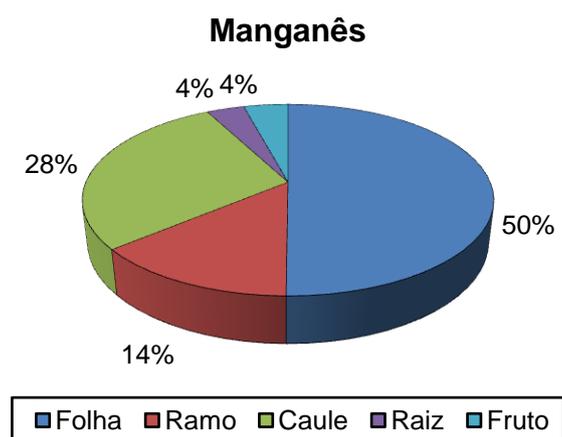


**Figura 6.** Acúmulo total de Mn pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) em função dos dias após o plantio.

Do total de 788,53 mg de Mn acumulado na planta, verificou-se que 395,22 mg foram alocados nas folhas (50%), 223,94 mg alocados no caule (28%), 108,64 mg alocados nos ramos (14%), 32,90 mg alocados nos frutos (4%) e 27,83 mg alocados nos raízes (4%) (Figura 7).

Além de ser essencial na síntese de clorofila, o Mn participa como co-fator de várias enzimas importantes como peroxidases e algumas ligadas ao metabolismo do C e do N. Sob deficiência de Mn há uma redução no conteúdo de clorofila e constituintes das membranas do cloroplasto, como fosfolipídeos e glicoproteínas (BUCHANAN, 2000; MARSCHNER, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013).

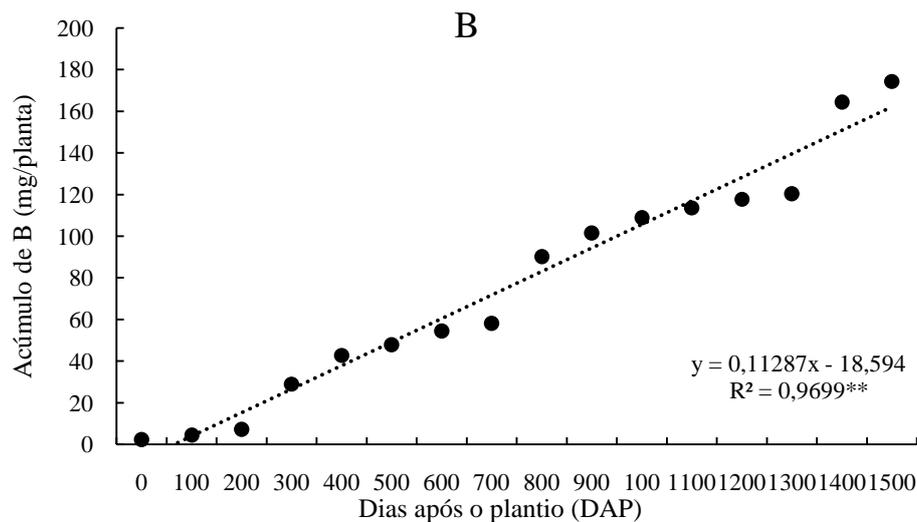
Considerando o peso da matéria seca total constatada aos 4 anos de idade (6,42 kg/planta) e o conteúdo total de Mn (788,53 mg/planta), verificou-se que o mesmo correspondeu a um teor médio de 122,82 mg/kg de matéria seca.



**Figura 7.** Proporção do conteúdo de Mn acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 1.455 dias após o plantio.

#### 4.5 Boro (B)

O B foi o terceiro micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com um percentual de 7% do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados (Figura 1). O conteúdo total aumentou até alcançar 174,40 mg/planta aos 1.455 dias após o plantio, o equivalente a uma imobilização de 0,69 kg ha<sup>-1</sup> de B (Figura 8).

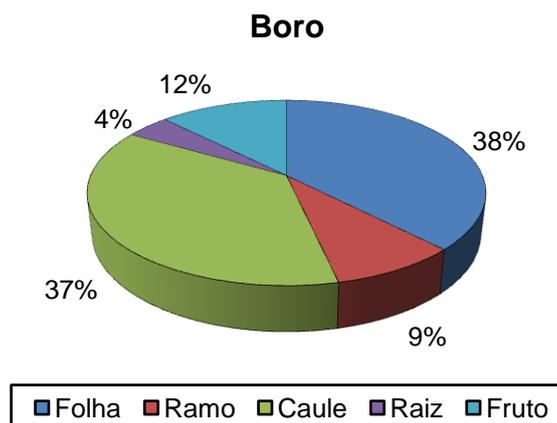


**Figura 8.** Acúmulo total de B pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) em função dos dias após o plantio.

Do total de 174,40 mg de B acumulado na planta, 65,82 mg foram alocados nas folhas, 64,24 mg no caule, 21,67 mg nos frutos, 15,28 mg nos ramos e 7,39 mg nas raízes. Observam-se, na Figura 9, que o acúmulo foi maior nas folhas (38%) seguida do caule (37%), dos frutos (12%), dos ramos (9%) e das raízes (4%), resultados semelhantes ao encontrado por Bragança (2005).

O B participa do crescimento celular, da biossíntese de componentes de estruturas celulares, do metabolismo de diversos compostos fundamentais às plantas, além de conferir estabilidade e estrutura à parede celular (BUCHANAN, 2000; MARSCHNER, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013). Ao lado de outros micronutrientes, é um micronutriente que tem proporcionado respostas significativas, gerando um aumento na produtividade do cafeeiro Conilon, quando associado com os macronutrientes, calcário e matéria orgânica (BRAGANÇA et al., 1995).

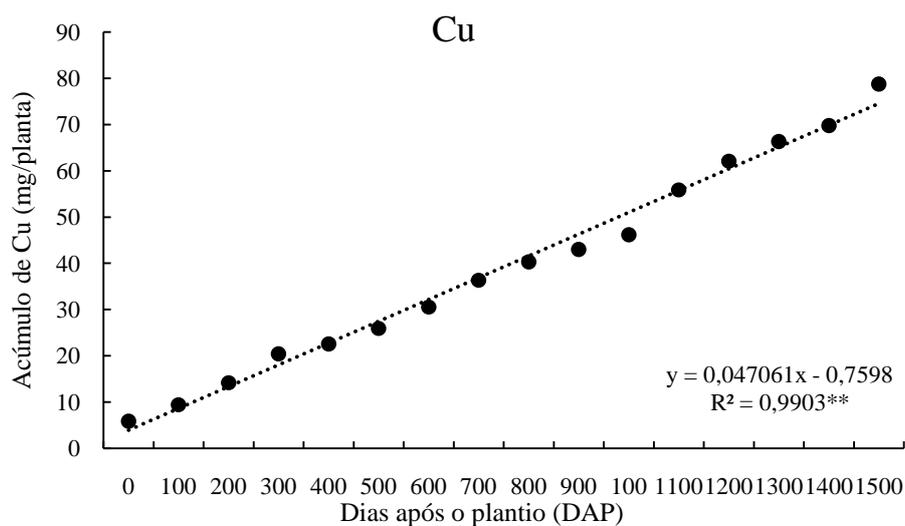
Verificou-se que o teor médio de B em relação ao peso da matéria seca total, aos 4 anos de idade (6,42 kg/planta), foi de 27,16 mg/kg. Bragança (2005) estudando o acúmulo de micronutrientes em cafeeiro Conilon aos 6 anos de idade no norte do Espírito Santo, observou que o teor médio de B em relação ao peso da matéria seca total foi de 21,10 mg/kg.



**Figura 9.** Proporção do conteúdo de B acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 1.455 dias após o plantio.

#### 4.6 Cobre (Cu)

O conteúdo total de Cu no cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 78,76 mg/planta aos 1.455 dias após o plantio, o que equivale a uma imobilização de 0,31 kg ha<sup>-1</sup> de Cu (Figura 10). A quantidade de Cu acumulado pelo cafeeiro Conilon representa um percentual de 3% do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados, sendo o quarto micronutriente mais acumulado no cafeeiro Conilon (Figura 1).

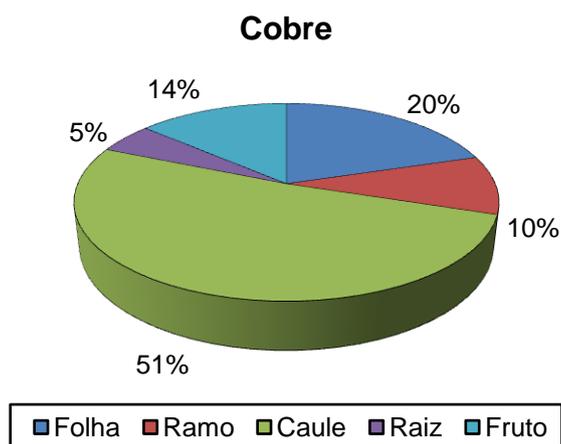


**Figura 10.** Acúmulo total de Cu pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) em função dos dias após o plantio.

Do total de 78,76 mg de Cu acumulado na planta, 40,42 mg foram alocados no caule, 16,00 mg nas folhas, 10,78 mg nos frutos, 7,58 mg nos ramos e 3,98 mg nas raízes. Observa-se, na Figura 11, que o acúmulo foi maior no caule (51%) seguida das folhas (20%), dos frutos (14%), dos ramos (10%) e das raízes (5%).

O Cu desempenha um importante papel nas plantas no metabolismo de carboidratos, lignificação da parede celular, biossíntese de substâncias envolvidas em processos de resistência das plantas a certas doenças, nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio. Participa de reações redox, além de ser constituinte de vários tipos de proteínas (BUCHANAN, 2000; MARSCHNER, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013).

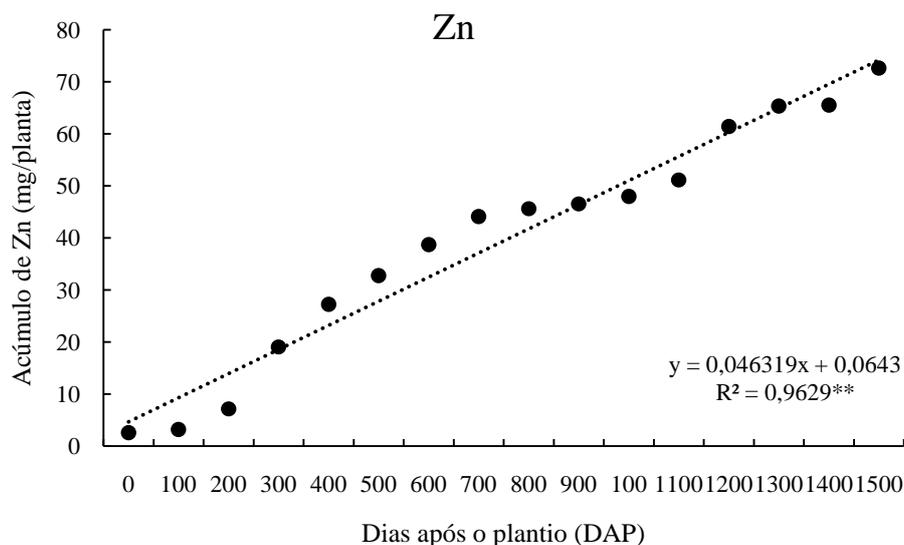
Levando em consideração a produção de matéria seca total constatada aos 4 anos de idade (6,42 kg/planta) e o conteúdo total de Cu (78,76 mg/planta), verificou-se que o mesmo correspondeu a um teor médio de 12,26 mg/kg de matéria seca.



**Figura 11.** Proporção do conteúdo de Cu acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 1.455 dias após o plantio.

#### 4.7 Zinco (Zn)

Dos micronutrientes avaliados, o Zn foi o micronutriente menos acumulado no cafeeiro Conilon em relação aos demais, com um percentual de 3% do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados (Figura 1). O conteúdo total de Zn no cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 72,63 mg/planta aos 1.455 dias após o plantio, o que equivale a uma imobilização de 0,29 kg ha<sup>-1</sup> de Zn (Figura 12).

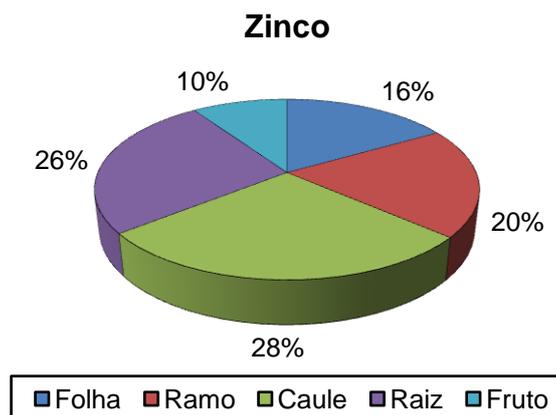


**Figura 12.** Acúmulo total de Zn pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) em função dos dias após o plantio.

Do total de 72,63 mg de Zn acumulado na planta, 20,34 mg foram alocados no caule (28%), 18,34 mg nas raízes (26%), 14,26 mg nos ramos (20%), 12,14 mg nas folhas (16%) e 6,96 mg nos frutos (10%) (Figura 13).

O Zn participa como co-fator estrutural, funcional ou regulatório de várias enzimas nas plantas. Afeta o metabolismo de carboidratos, controlando a atividade de certas enzimas-chaves deste processo. É essencial para a manutenção da integridade estrutural das membranas e da biossíntese do ácido indoleacético (BUCHANAN, 2000; MARSCHNER, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013). A aplicação de Zn na cova, associado com outros nutrientes, calcário e matéria orgânica também resultou em um aumento na produtividade do cafeeiro Conilon, fato verificado por (BRAGANÇA et al., 1995).

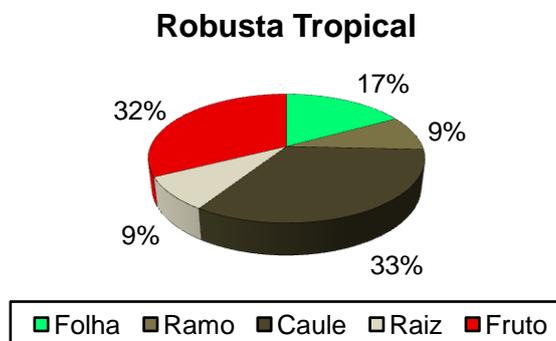
O teor médio de Zn em relação ao peso da matéria seca total do conilon, aos 4 anos de idade, foi de 11,31 mg/kg. Bragança (2005) verificou um teor médio de Zn em relação ao peso da matéria seca total em cafeeiro Conilon aos 6 anos de idade de 15,05 mg/kg no norte do Espírito Santo.



**Figura 13.** Proporção do conteúdo de Zn acumulado nos compartimentos analisados do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 1.455 dias após o plantio.

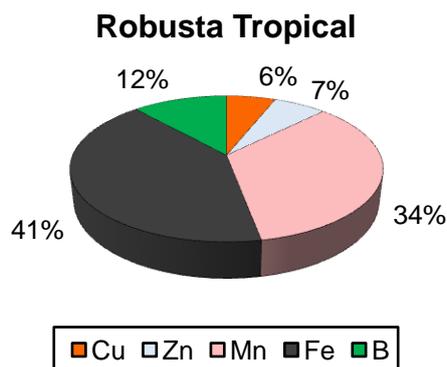
#### 4.8 Robusta tropical

Aos 4 anos de idade, o Robusta Tropical acumulou em média 3.966,07 g de matéria seca, sendo que 1.324,72 g foram alocados no caule (33%), 1.286,66 g nos frutos (32%), 672,31 g nas folhas (17%), 347,70 g nos ramos (9%) e 334,68 g nas raízes (9%) (Figura 14).



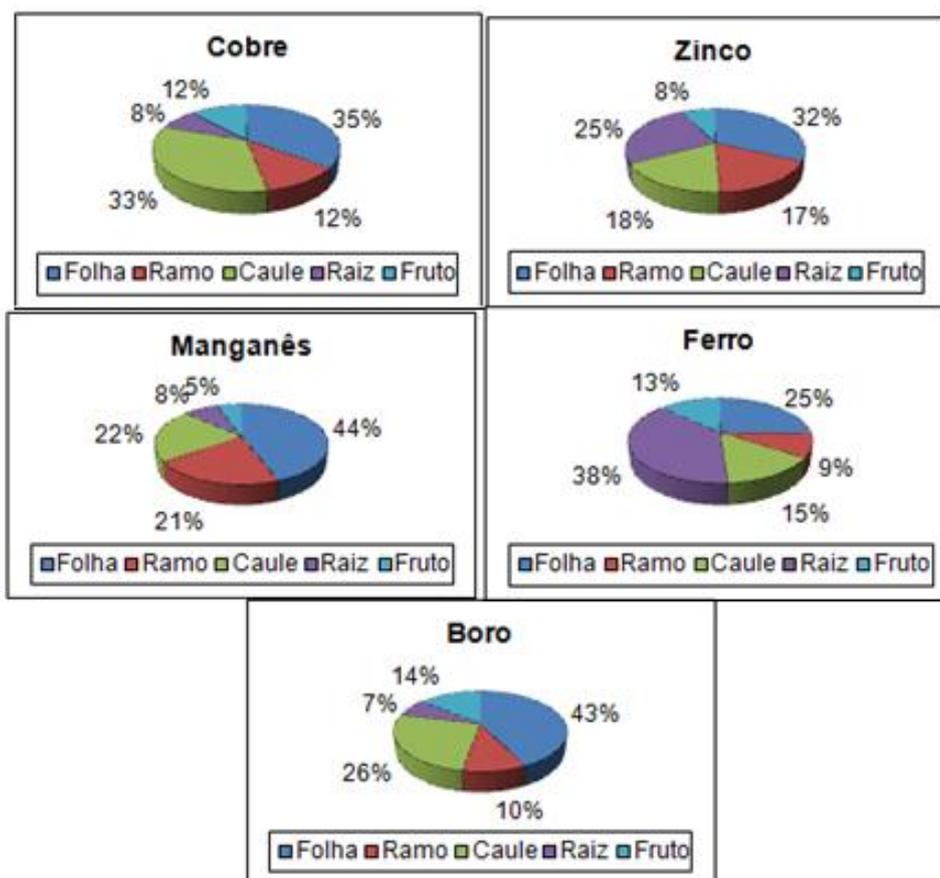
**Figura 14.** Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Robusta Tropical aos 4 anos de idade.

A quantidade média de micronutrientes acumulada no Robusta Tropical aos 4 anos de idade pode ser visualizada na Figura 15. O micronutriente mais acumulado foi o Fe (41%), seguido do Mn (34%), B (12%), Zn (7%) e Cu (6%). O conteúdo médio de micronutrientes foi de 269,56 mg, 224,99 mg, 76,48 mg, 42,62 mg e 39,66 mg, respectivamente, seguindo a ordem de acúmulo de micronutrientes.



**Figura 15.** Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Robusta Tropical aos 4 anos de idade.

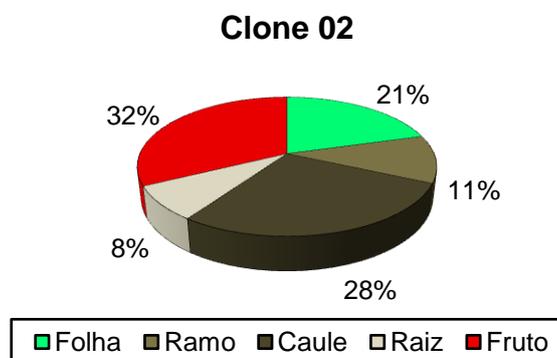
A quantidade média de micronutrientes alocada em cada um dos compartimentos analisados pelo Robusta Tropical aos 4 anos de idade pode ser visualizada pela Figura 16.



**Figura 16.** Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Robusta Tropical aos 4 anos de idade.

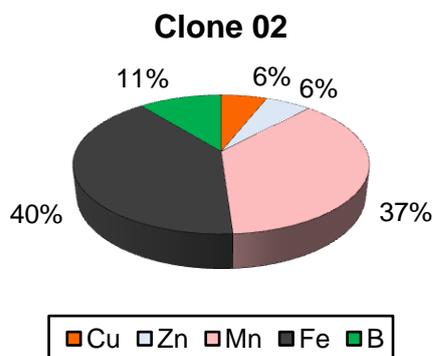
## 4.9 Clone 02

Aos 4 anos de idade, o Clone 02 acumulou em média 3.009,17 g de matéria seca, sendo que 972,66 g foram alocados nos frutos (32%), 841,71 g no caule (28%), 621,64 g nas folhas (21%), 332,88 g nos ramos (11%) e 240,28 g nas raízes (8%) (Figura 17).



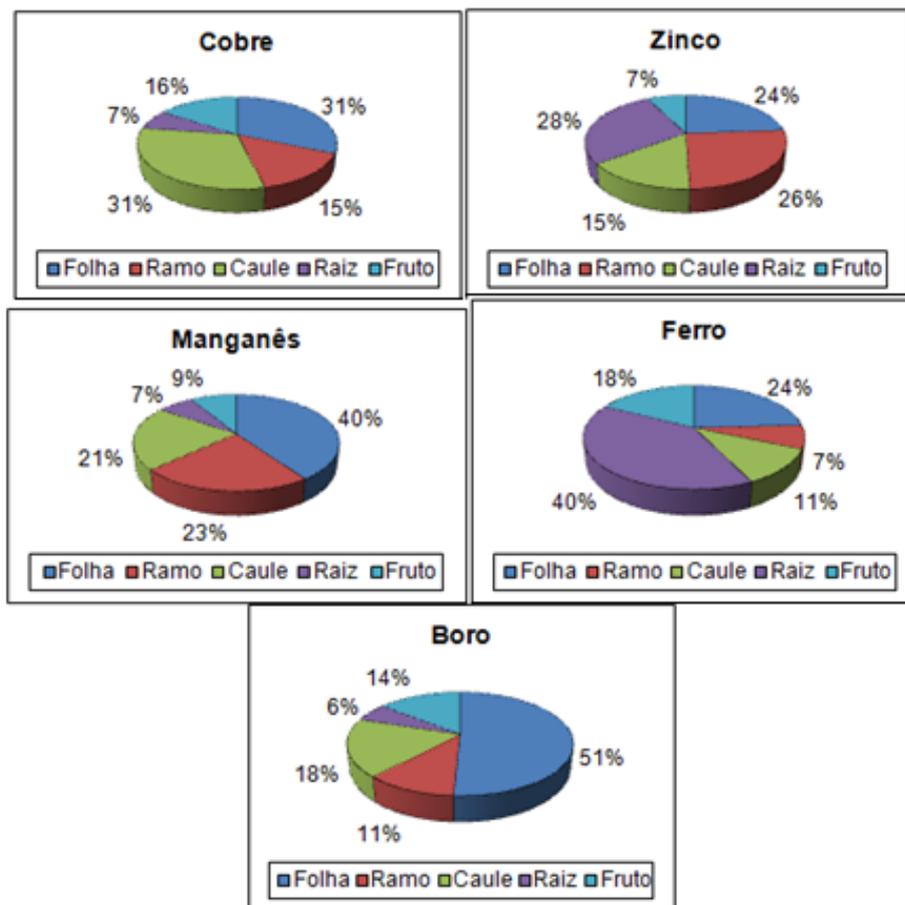
**Figura 17.** Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 02 aos 4 anos de idade.

A quantidade média de micronutrientes acumulada no Clone 02 aos 4 anos de idade pode ser visualizada na Figura 18. O micronutriente mais acumulado foi o Fe (40%), seguido do Mn (37%), B (11%), Cu (6%) e Zn (6%). O conteúdo médio de micronutrientes foi de 256,21 mg, 235,49 mg, 68,93 mg, 38,27 mg e 37,92 mg, respectivamente, seguindo a ordem de acúmulo de micronutrientes.



**Figura 18.** Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 02 aos 4 anos de idade.

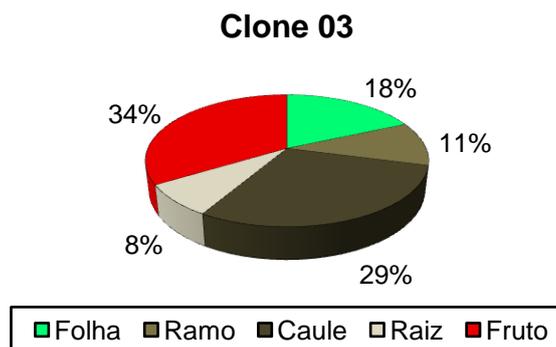
A quantidade média de micronutrientes alocada em cada um dos compartimentos analisados pelo Clone 02 aos 4 anos de idade pode ser visualizada pela Figura 19.



**Figura 19.** Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 02 aos 4 anos de idade.

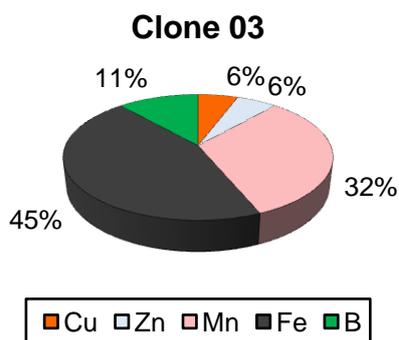
#### 4.10 Clone 03

Aos 4 anos de idade, o Clone 03 acumulou em média 3.004,47 g de matéria seca, sendo que 1.012,00 g foram alocados nos frutos (34%), 882,74 g no caule (29%), 550,54 g nas folhas (18%), 323,95 g nos ramos (11%) e 235,24 g nas raízes (8%) (Figura 20).



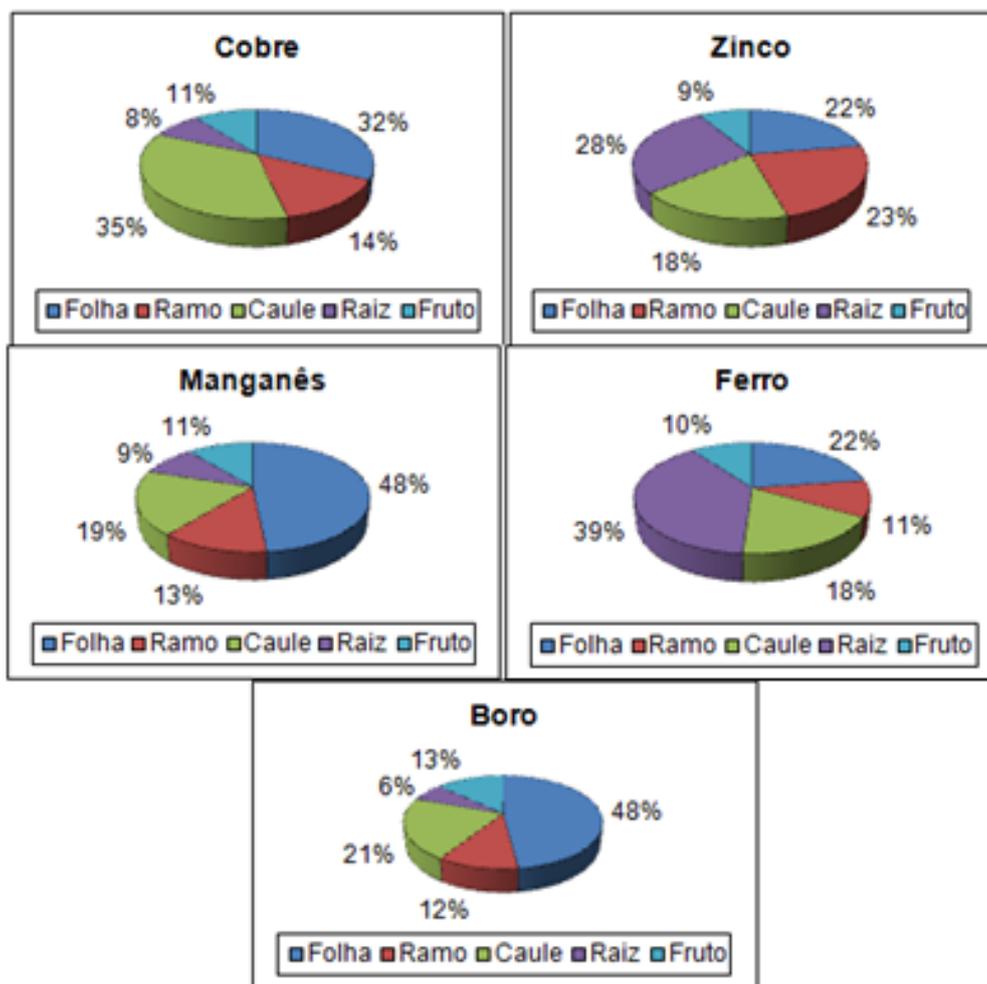
**Figura 20.** Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 03 aos 4 anos de idade.

A quantidade média de micronutrientes acumulada no Clone 03 aos 4 anos de idade pode ser visualizada na Figura 21. O micronutriente mais acumulado foi o Fe (45%), seguido do Mn (32%), B (11%), Zn (6%) e Cu (6%). O conteúdo médio de micronutrientes foi de 253,47 mg, 182,25 mg, 65,51 mg, 32,71 mg e 32,45 mg, respectivamente, seguindo a ordem de acúmulo de micronutrientes.



**Figura 21.** Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 03 aos 4 anos de idade.

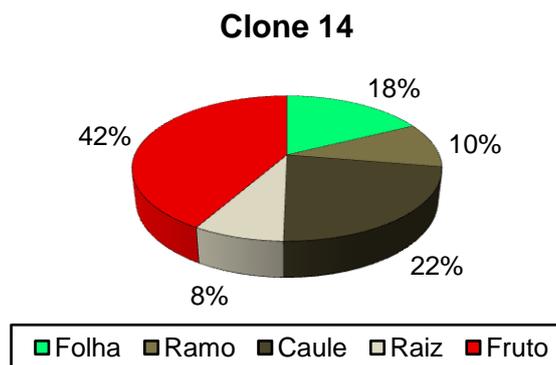
A quantidade média de micronutrientes alocada em cada um dos compartimentos analisados pelo Clone 03 aos 4 anos de idade pode ser visualizada pela Figura 22.



**Figura 22.** Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 03 aos 4 anos de idade.

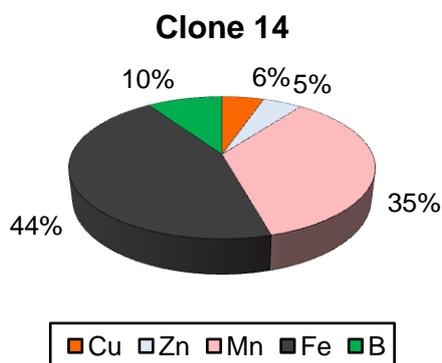
#### 4.11 Clone 14

Aos 4 anos de idade, o Clone 14 acumulou em média 2.056,26 g de matéria seca, sendo que 857,33 g foram alocados nos frutos (42%), 466,03 g no caule (22%), 362,56 g nas folhas (18%), 205,58 g nos ramos (10%) e 164,76 g nas raízes (8%) (Figura 23).



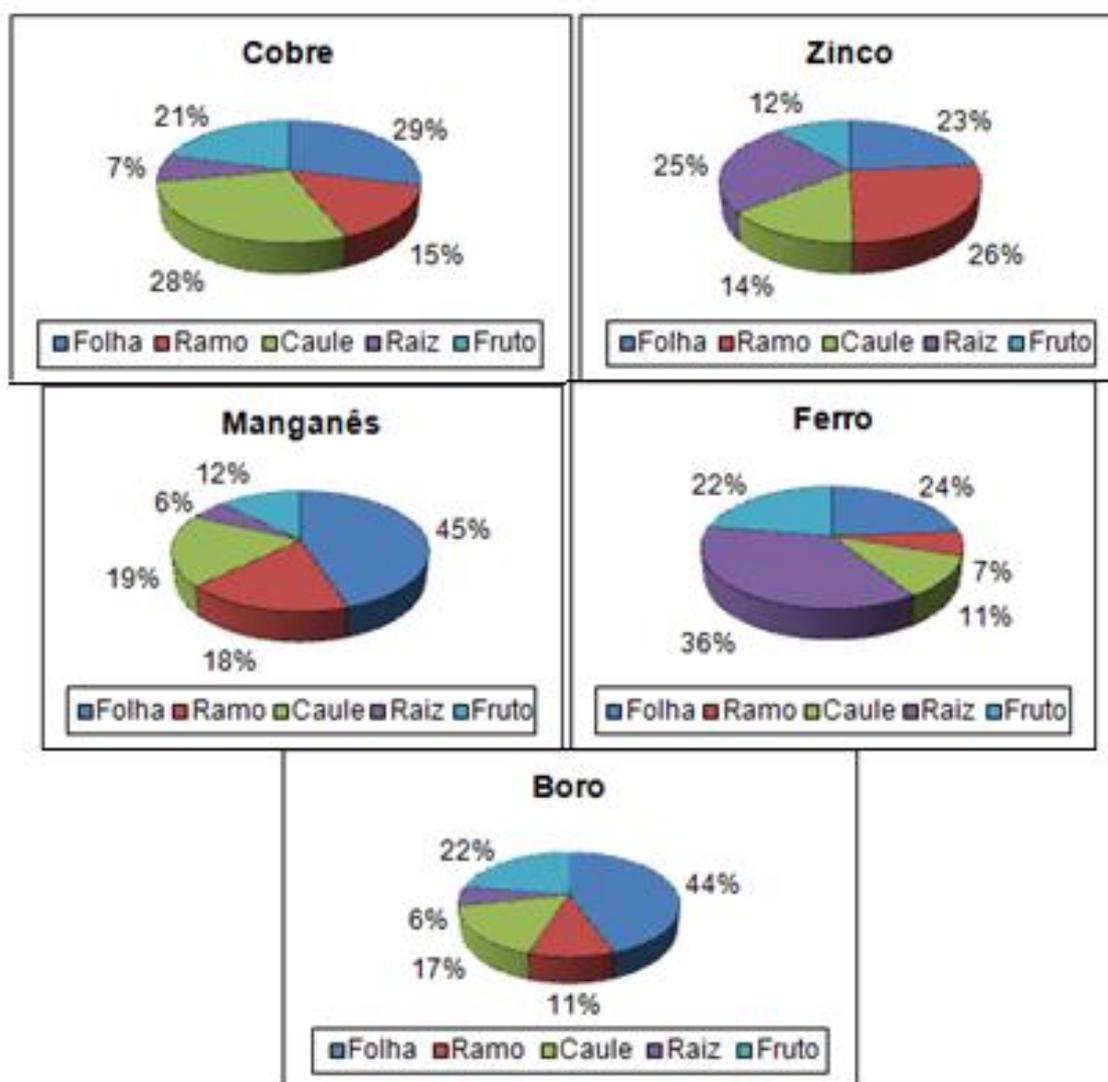
**Figura 23.** Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 14 aos 4 anos de idade.

A quantidade média de micronutrientes acumulada no Clone 14 aos 4 anos de idade pode ser visualizada na Figura 24. O micronutriente mais acumulado foi o Fe (44%), seguido do Mn (35%), B (10%), Cu (6%) e Zn (5%). O conteúdo médio de micronutrientes foi de 211,82 mg, 167,30 mg, 44,79 mg, 25,02 mg e 23,04 mg, respectivamente, seguindo a ordem de acúmulo de micronutrientes.



**Figura 24.** Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 14 aos 4 anos de idade.

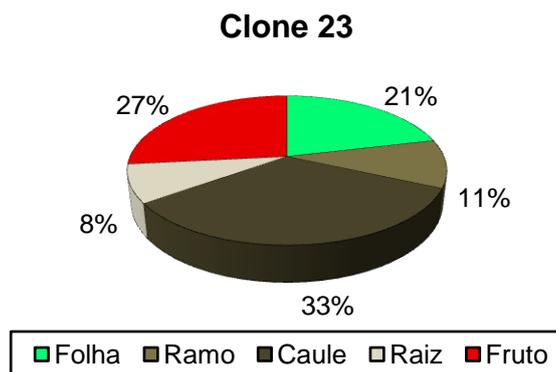
A quantidade média de micronutrientes alocada em cada um dos compartimentos analisados pelo Clone 14 aos 4 anos de idade pode ser visualizada pela Figura 25.



**Figura 25.** Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 14 aos 4 anos de idade.

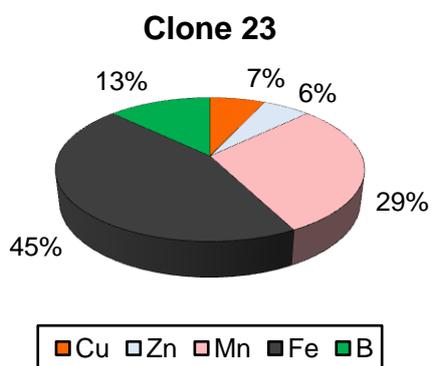
#### 4.12 Clone 23

Aos 4 anos de idade, o Clone 23 acumulou em média 3.715,72 g de matéria seca, sendo que 1.241,23 g foram alocados no caule (33%), 989,33 g nos frutos (27%), 791,69 g nas folhas (21%), 386,31 g nos ramos (11%) e 307,16 g nas raízes (8%) (Figura 26).



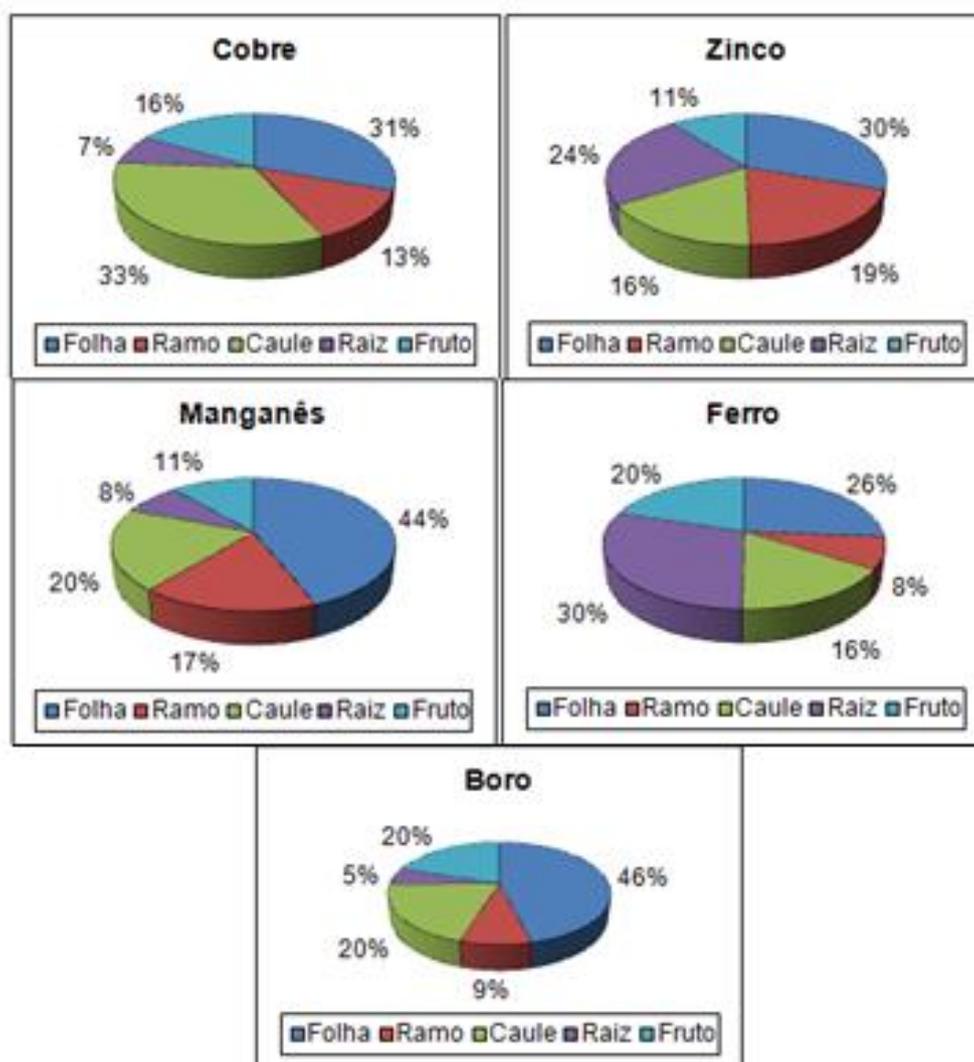
**Figura 26.** Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 23 aos 4 anos de idade.

A quantidade média de micronutrientes acumulada no Clone 23 aos 4 anos de idade pode ser visualizada na Figura 27. O micronutriente mais acumulado foi o Fe (45%), seguido do Mn (29%), B (13%), Cu (7%) e Zn (6%). O conteúdo médio de micronutrientes foi de 336,49 mg, 222,22 mg, 96,99 mg, 52,11 mg e 44,56 mg, respectivamente, seguindo a ordem de acúmulo de micronutrientes.



**Figura 27.** Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 23 aos 4 anos de idade.

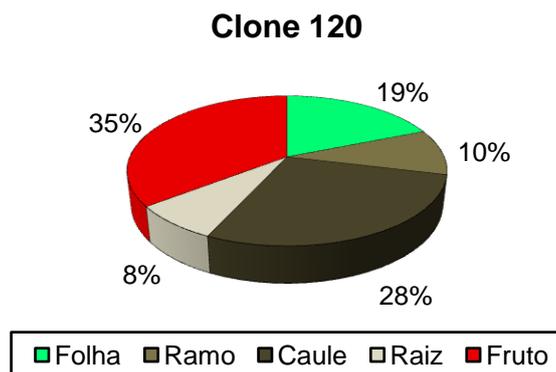
A quantidade média de micronutrientes alocada em cada um dos compartimentos analisados pelo Clone 23 aos 4 anos de idade pode ser visualizada pela Figura 28.



**Figura 28.** Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 23 aos 4 anos de idade.

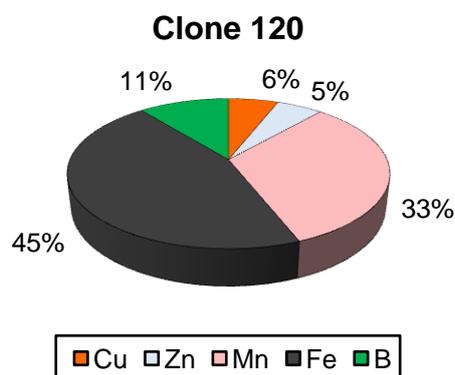
#### 4.13 Clone 120

Aos 4 anos de idade, o Clone 120 acumulou em média 2.771,23 g de matéria seca, sendo que 982,00 g foram alocados nos frutos (35%), 778,03 g nos frutos (28%), 524,43 g nas folhas (19%), 273,51 g nos ramos (10%) e 213,26 g nas raízes (8%) (Figura 29).



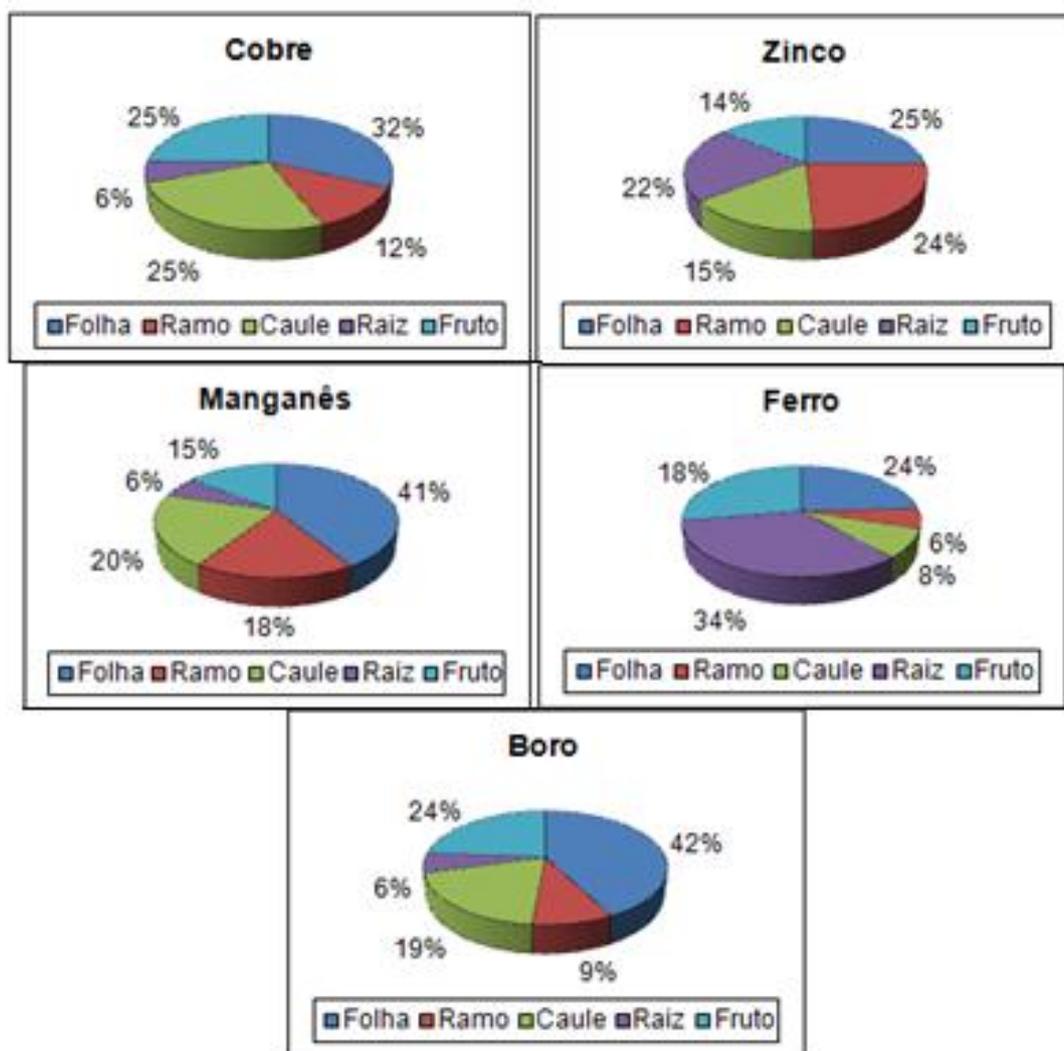
**Figura 29.** Proporção média da matéria seca acumulada nos compartimentos analisados do Clone 120 aos 4 anos de idade.

A quantidade média de micronutrientes acumulada no Clone 120 aos 4 anos de idade pode ser visualizada na Figura 30. O micronutriente mais acumulado foi o Fe (45%), seguido do Mn (33%), B (11%), Cu (6%) e Zn (5%). O conteúdo médio de micronutrientes foi de 278,52 mg, 200,49 mg, 66,71 mg, 36,80 mg e 33,91 mg, respectivamente, seguindo a ordem de acúmulo de micronutrientes.



**Figura 30.** Proporção média de micronutrientes acumulados pelo Clone 120 aos 4 anos de idade.

A quantidade média de micronutrientes alocada em cada um dos compartimentos analisados pelo Clone 120 aos 4 anos de idade pode ser visualizada pela Figura 31.



**Figura 31.** Proporção média do conteúdo de micronutrientes acumulados nos compartimentos analisados do Clone 120 aos 4 anos de idade.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi realizado, concluiu-se que:

- A matéria seca total aumentou de forma crescente até o quarto ano de idade, alcançando 6,42 kg/planta e os compartimentos analisados (folhas, ramos, caule, raiz e frutos) alcançaram 1,02 kg/planta, 0,60 kg/planta, 3,21 kg/planta, 0,37 kg/planta e 1,20 kg/planta, respectivamente;
- Os conteúdos de Fe, Mn, B, Cu e Zn na planta aumentaram de forma crescente até o quarto ano de idade, alcançando 1.368,42 mg, 788,53 mg, 174,40 mg, 78,76 mg, e 72,63 mg, respectivamente. A ordem de acúmulo foi: Fe > Mn > B > Cu > Zn;
- Os maiores teores de Cu estão nos frutos e nas folhas, o de Zn nas raízes, Mn nas folhas e nos ramos, Fe nas raízes e B nas folhas. Não foi observada nenhuma diferenciação nos teores foliares entre os micronutrientes avaliados. Os teores B não se diferenciaram nos compartimentos analisados entre os materiais genéticos;
- As folhas apresentaram maiores conteúdos de Mn e B, o caule apresentou maiores conteúdos de Cu e Zn e as raízes apresentaram maiores conteúdos de Fe;
- Os materiais genéticos de cafeeiro Conilon estudados apresentaram uma taxa de acúmulo diário de matéria seca de 4,0572 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e as taxas de acúmulo diário de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe e B) de 0,0470 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,0463 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,4638 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, 0,9805 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e 0,1128 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente;
- As maiores taxas de acúmulo anual dos micronutrientes foram observadas nas folhas, com exceção do Fe, que apresentou as maiores taxas de acúmulo nas raízes. A maior taxa de acúmulo anual de matéria seca foi verificada no Robusta Tropical e nos clones 23 e 120, e a menor taxa de acúmulo anual de matéria seca no Clone 14;
- Aos 4 anos de idade, a maior parte do total de matéria seca acumulado foi alocada no caule (50%), seguido pelos frutos (19%), folhas (16%), ramos (9%) e raízes (6%).

## 6 REFERÊNCIAS

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S.; DESSAUNE FILHO, N.; VENEGAS, V.H.A.; LANI, J.A.; FONSECA, A.F.A.; SILVEIRA, J.S.M. Nutrição e Adubação do café *Coffea canephora* cv. Conilon, cultivado em Latossolo Amarelo coeso. II. Zinco-Boro-palha de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 21, Caxambú-MG, 1995b. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1995. p.110-111.

BRAGANÇA, S. M.; LANI, J. A.; DEMUNER, L. H. (2001). *Café Conilon: Adubação e calagem*. Vitória, ES: INCAPER. 31p. (**Circular Técnica**, 01).

BRAGANÇA, S. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre)**. 2005. 99 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; LEITE, H. G.; SANTOS, L. P.; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ, V. H.; LANI, J. S. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro Conilon. **Revista Ceres**, 54(314):398-404, 2007.

BUCHANAN, B.B., GRUISSSEN, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville, Maryland: American Society of Plant Physiologists. 2000. 1367 p.

CATANI, R. A.; PELEGRINO, D.; BITTENCOURT, V. C.; JACINTO, A.O. GRANER, C. A. F. A concentração e quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro (*Coffea arabica*) variedade Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy aos dez anos de idade. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Piracicaba, v. 24, p. 97-106, 1967.

CIETTO, S.; HAAG, H. P. Nutrição Mineral do cafeeiro III. Recrutamento de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação, vegetando em um Latossolo Amarelo, fase cerrado. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 46 (parte 2): p. 403-431, 1989.

CORREA, J. B.; GARCIA, A. W. R.; COSTA, P. C. de. Extração de nutrientes pelo cafeeiro Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, Caxambú/MG, 1985. **Resumos...** Rio de Janeiro. IBC, 1985. p. 23-26.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira café**, v. 3 – Safra 2016, n.2 - Segundo Levantamento, Brasília, p. 1-99, mai. 2016.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 3.ed. ver, ampl. Brasília, DF, 2013.

EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMCAPER. ‘Emcaper 8151’ Primeira variedade melhorada de café Conilon de propagação por sementes para o Estado do Espírito Santo. Vitória/ES. Março, 2000. (**Documento nº 103**).

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. 77 f. Curso de Pós - Graduação “Lato Sensu” à distância. (Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio). – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; LANI, J. A.; FERRÃO, L. F. V. A cafeicultura no estado do Espírito Santo: tecnologias e desafios. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G (Org.). **Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CCA-UFES, 2011. p. 21-50.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

HAAG, P. H.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Culturas Estimulantes. In: FERREIRA, M. E.; DA CRUZ, M. C. P. (Ed.) **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba/SP, Potafós, 1991. Cap. 8, p. 501-548.

HORST, W. **Einfluss von Silizium auf die Mangan-Toleranz Von Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1976. Dissertation (Master’s Degree) - Technische Universität Berlin, Berlin, 1976.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Indicadores IBGE. Estatística da Produção Agrícola. Janeiro, 2016.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - Incaper. **Boletim da Conjuntura Agropecuária Capixaba**. Incaper: Vitória-ES, ano 1, n. 4, dez. 2015.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – Incaper. Café Conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas. 3ª ed. Vitória, ES, 2007. 60p. (**Circular Técnica, 03**).

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agronômicas**, Piracicaba, p. 24, jul. 2007.

KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. (1996). **Physiology of woody plants**, 2nd ed. San Diego, Academic Press. 411p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LONERAGAN, J.F. 1981. **Distribution and movement of copper in plants**. In: Copper in soils and plants. Loneragan, J.R.; Robson, A.D.; Graham, R.D. (ed.). Academic Press, London. pp.165-188.

MALAVOLTA, E; VITTI, GC; OLIVEIRA, AS. (1997). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2 ed. Piracicaba, Potafos. 319 p.

MALAVOLTA, E. Avaliação nutricional do cafeeiro. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DO CAFÉ, 2, 1996. Vitória. **Resumos...** Vitória: Centro de Desenvolvimento Tecnológico do Café (CETCAF), p. 83-131. 1996.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.

OERTLI, J. J.; RICHARDSON, W. F. The mechanism of boron immobility in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 23, p. 108-116, 1970.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S.M. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café Conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 284-294, jul./set. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TERRY, N.; LOW, G. Leaf chlorophyll content and its relation to the intracellular location of iron. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 5, p. 301-310, 1982.

WOOD, L. J.; MURRAY, B. J.; OKATAN, Y.; NOODÉN, L. D. Effect of petiole phloem distribution on starch and mineral distribution in senescing soybean leaves. **American Journal of Botany**, Bronx, v. 73, p. 1377-1383, 1986.