

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

**DIOGO RIBEIRO DE ARAUJO**

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM CAFEIEIRO ARÁBICA CONDUZIDO**  
**COM A PODA PROGRAMADA DE CICLO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO**  
**POTÁSSICA**

Alegre – ES

2021

DIOGO RIBEIRO DE ARAUJO

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM CAFEIEIRO ARÁBICA CONDUZIDO  
COM A PODA PROGRAMADA DE CICLO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO  
POTÁSSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal.

Orientador: D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz

Coorientadores: D. Sc. Marcos Vinicius Winckler Caldeira e D. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral

Alegre – ES

2021

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES  
e elaborada pelo autor

---

Araujo, Diogo Ribeiro de, 1993-

A658c      Ciclagem de nutrientes em cafeeiro arábica conduzido com a Poda  
Programada de Ciclo e níveis de adubação potássica / Diogo Ribeiro de  
Araujo. - 2021.      35 f.: il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientadores: José Francisco Teixeira do Amaral, Marcos Vinicius  
Winckler Caldeira.

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

1. Decomposição. I. Tomaz, Marcelo Antonio. II. Amaral,  
José Francisco Teixeira do. III. Caldeira, Marcos Vinicius Winckler. IV.  
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e  
Engenharias. V. Título.

CDU: 63

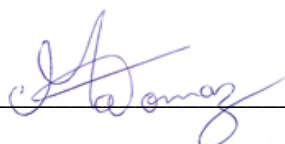
---

**DIOGO RIBEIRO DE ARAUJO**

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM CAFEIEIRO ARÁBICA CONDUZIDO  
COM A PODA PROGRAMADA DE CICLO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO  
POTÁSSICA**

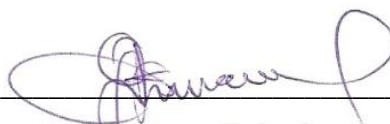
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



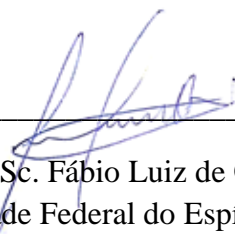
---

Prof. D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)



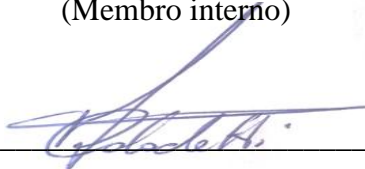
---

Prof. D. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Coorientador



---

Prof. D. Sc. Fábio Luiz de Oliveira  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Membro interno)



---

D. Sc. Tafarel Victor Colodetti  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Membro Externo)

Dedico,

À minha mãe, Marilsa Cardoso  
Ribeiro e a minha irmã Myrla  
Ribeiro, pelo incentivo constante e  
por todo apoio e carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por me conceder saúde e proteção em toda minha caminhada, me dando força, foco, coragem e percepção para encarar os obstáculos e enfrentar esse desafio.

À minha mãe Marilsa Cardoso pelo amor incondicional, carinho, apoio e confiança e por todas as alegrias vividas.

Ao Centro de Pesquisas Cafeeiras “Eloy Carlos Heringer” (CEPEC) onde foi desenvolvido o trabalho de campo. Ao Mateus Fonseca, por toda vitalidade em conduzir o experimento de campo, cuidado dos tratamentos culturais e manutenção da lavoura.

Agradeço ao Professor Marcelo Antonio Tomaz pela orientação, ensinamentos, conselhos e sugestões, pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis durante a pandemia enfrentada.

Ao Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq (Edital PDCTR FAPES/CNPq 11/2019) Tafarel Victor Colodetti pela ajuda nas análises estatísticas.

Aos Professores Marcos Vinicius Winckler Caldeira e José Francisco Teixeira do Amaral por toda atenção, colaboração e orientação.

Ao Professor Fábio Luiz de Oliveira pela participação na banca de defesa, e toda as sugestões sugeridas.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade concedida para realizar o curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão da bolsa de estudos, pelo auxílio financeiro e apoio à pesquisa.

**Meus sinceros agradecimentos!**

ARAÚJO, Diogo Ribeiro de Araújo. **Ciclagem de nutrientes em cafeeiro arábica conduzido com a Poda Programada de Ciclo e níveis de adubação potássica**. 2021. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES.

## **RESUMO**

No manejo do cafeeiro as podas são fundamentais, pois propiciam a renovação da lavoura, ganhos de produção e ciclagem de parte dos nutrientes presentes na biomassa eliminada com a poda. Neste contexto, objetivou-se avaliar a ciclagem de nutrientes em cafeeiro arábica conduzido com a Poda Programada de Ciclo e níveis de adubação potássica. O experimento foi desenvolvido no município de Martins Soares - MG, localizado a 750 m de altitude. Empregou-se delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos (níveis de K em 50, 100, 150 e 200% do recomendado) e quatro repetições para o estudo do aporte de biomassa e conteúdo de nutrientes. Para a taxa de decomposição e liberação de nutrientes, utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas, em delineamento de blocos casualizados e quatro repetições, com quatro níveis de K na parcela (50, 100, 150 e 200% do recomendado) e nove períodos de avaliação na subparcela (30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após a poda). As variáveis massa seca total de folhas dos ramos plagiotrópicos por hectare e total de biomassa dos ramos plagiotrópicos depositados por hectare, apresentaram as menores médias no nível de 100% de K. A biomassa depositada com a eliminação dos ramos plagiotrópicos exauridos variou de 739,56 kg ha<sup>-1</sup> a 919,85 kg ha<sup>-1</sup>, o que corresponde a uma atividade anualmente realizada no manejo da poda programada de ciclo, contribuindo para o aporte de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes no solo. Foi observado efeito significativo em função dos dias após a poda, onde a massa remanescente diminuiu a partir dos 30 dias, chegando a 78,5% do material foliar decomposto aos 324 dias. A liberação de nutrientes contidos nas folhas do material podado apresentou comportamento variável, sendo que aos 360 dias de avaliação observou-se liberação de 48,6% de N, 79,1% de P, 97,2% de K, 32,5% de Ca, 73,7% de Mg e 68,0% de Mn, enquanto notou-se imobilização de 50,4% de Cu e 120,9% de Zn, em relação à quantidade inicial desses nutrientes nas folhas dos ramos podados.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, nutrição mineral, manejo de poda, ciclagem biogeoquímica, ciclagem de nutriente

ARAÚJO, Diogo Ribeiro de Araujo, Federal University of Espírito Santo, March - 2021  
**Nutrient cycling in Arabica coffee plants conducted with Cycle Programmed Pruning and potassium fertilization levels.** 2021. (Dissertation - Master in Vegetable Production) - Center for Agricultural Sciences and Engineering, Federal University of Espírito Santo, Alegre-ES

### ABSTRACT

In the management of the coffee tree pruning is essential as it allows for the renewal of the crop, production gains and cycling of part of the nutrients present in the biomass eliminated with the pruning. In this context, the objective was to evaluate the nutrient cycling in Arabica coffee plants conducted with Cycle Programmed Pruning and levels of potassium fertilization. The experiment was carried out in the municipality of Martins Soares - MG, located at 750 m of altitude. A randomized block design with four treatments (K levels at 50, 100, 150 and 200% of the recommended) and four replications for the study of biomass input and nutrient content. For the rate of decomposition and nutrient release, a split-plot scheme was used, in a randomized block design and four replications, with four levels of K in the plot (50, 100, 150 and 200% of the recommended) and nine periods of evaluation in the subplot (30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300 and 360 days after pruning). The variables total dry mass of leaves of plagiotropic branches per hectare and total biomass of plagiotropic branches deposited per hectare had the lowest averages at the level of 100% K. The deposited biomass ranged from 739.56 kg ha<sup>-1</sup> to 919, 85 kg ha<sup>-1</sup>. The N and Fe contents showed statistically similar effects, and at the 100% K level the lowest averages observed. No significant effect was observed between the levels of fertilization with K and the days after pruning for the remaining mass. Significance was observed as a function of days after pruning, and the remaining mass decreases after 30 days, reaching 78.5% of decomposed leaf material at 324 days. The release of nutrients presented a variable behavior, and at 360 days of evaluation, it was observed release of 46.8% of N, 79.1% of P, 97.2% of K, contained in the leaf biomass, while there was immobilization of 50.4% Cu and 120.9% Zn, in relation to the initial amount of these nutrients contained in the leaves of the pruned branches.

**Keywords:** *Coffea arabica*, mineral nutrition, pruning management, biogeochemical cycling, nutrient cycling

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Representação da paisagem e dos litter bags. ....	21
<b>Figura 2</b> – Percentual de massa foliar remanescente em função dos dias após a Poda Programada de Ciclo de ramos plagiotrópicos no cafeeiro arábica (Martins Soares-MG, altitude de 750 m, ano de 2019). *coeficiente angular da regressão significativo pelo teste t (5% de probabilidade). ....	27
<b>Figura 3</b> - Liberação de macro e micronutrientes foliar em função dos dias após a Poda Programada de Ciclo de ramos plagiotrópicos no cafeeiro arábica (Martins Soares-MG, altitude de 750 m, ano de 2019). ....	28

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Atributos químicos e matéria orgânica do solo na camada de 0-20 cm na área experimental de Centro de Pesquisas Cafeeiras – Eloy Carlos Heringer, Martins Soares-MG, ano de 2019. ....	18
<b>Tabela 2</b> - Biomassa seca depositada sobre o solo após a poda de ramos plagiotrópicos no cafeeiro arábica e em função dos níveis de adubação com potássio no solo (Martins Soares-MG, altitude de 750 m, ano de 2019). ....	23
<b>Tabela 3</b> - Aporte de macro e micronutrientes após a poda de ramos plagiotrópicos no cafeeiro arábica e em função dos níveis de adubação com potássio no solo (Martins Soares-MG, altitude de 750 m, ano de 2019). ....	24

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE .....	13
2.2.	DECOMPOSIÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES .....	14
2.3.	PODA PROGRAMADA DE CICLO DO CAFEIRO ARÁBICA .....	14
2.4.	POTÁSSIO .....	16
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL .....	18
3.2.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	19
3.3.	CONDUÇÃO DO ENSAIO .....	19
3.4.	VARIÁVEIS ANALISADAS .....	20
<b>3.4.1.</b>	<b>Biomassa e conteúdo de nutrientes .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.2.</b>	<b>Taxa de decomposição e liberação de nutrientes .....</b>	<b>20</b>
3.5.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	22
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>23</b>
4.1.	APORTE DE BIOMASSA E NUTRIENTES PELAS FOLHAS E CAULES DOS RAMOS PLAGIOTRÓPICOS ELIMINADOS COM A PODA .....	23
4.2.	DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA BIOMASSA FOLIAR APORTADA SOBRE O SOLO COM A PODA PROGRAMADA E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA.....	26
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do café é uma das principais atividades agrícolas no país, sendo o Brasil o maior produtor desse grão. Essa exploração abrange desde áreas altamente tecnificadas até regiões montanhosas onde é realizada principalmente por pequenos agricultores (CAMPANHA et al., 2007). O cultivo comercial de café depende de duas espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (GOKAVI et al., 2020).

O cafeeiro normalmente requer doses elevadas de nutrientes para atingir uma produção satisfatória. A busca por estratégias que possibilitem melhoria na eficiência de uso de nutrientes pela cultura é importante para uma produção sustentável. O suprimento adequado do potássio (K) favorece a formação dos frutos e grãos de café, influenciados pela atividade enzimática, síntese e transporte de carboidratos (MANCUSO, 2012).

As recomendações de adubação para o café arábica levam em consideração a análise de solo e o potencial produtivo da cultura, entretanto essas recomendações não se enquadram de forma eficiente em algumas técnicas de manejo, como a Poda Programada de Ciclo, que se embasa na condução de mais de um ramo ortotrópico por planta (BAITELLE et al. 2019).

No manejo do cafeeiro as podas são fundamentais pois propiciam a renovação da lavoura e ganhos de produção (VERDIN FILHO et al., 2016). A deposição constante de biomassa permite por meio do processo de decomposição a liberação e reciclagem de parte dos elementos nutricionais presentes em folhas e ramos do material podado, potencializando eficiência de utilização de nutrientes (THOMAZIELLO, 2013; PINTO, 2016).

A decomposição da serapilheira é um processo dinâmico, em que ocorre, simultaneamente, a fragmentação física das estruturas, a transformação química e a síntese de novos compostos (MACHADO et al., 2015). A regulação das taxas de decomposição da serapilheira depende fundamentalmente das condições físicas e químicas do ambiente e da qualidade orgânica e nutricional do material que é aportado (MACHADO et al., 2015). Alves et al. (2006) observaram que períodos com maiores pluviosidades promovem um aumento significativo na decomposição de serapilheira na Caatinga, apresentando uma maior intensidade na taxa de decomposição aos 90 dias de avaliação. No entanto, as características intrínsecas das plantas podem diferir entre si quanto às taxas de decomposição devido as suas variações interespecíficas na qualidade da biomassa (KOUKOURA et al., 2003).

Dentre as vantagens da Poda Programa de Ciclo, além de não apresentar safra zero – o que difere dos demais manejos de poda da cultura do cafeeiro – promove um aporte de biomassa anualmente após a colheita, por meio da eliminação dos ramos plagiotrópicos que já produziram 70% ou mais de sua capacidade produtiva (VERDIN FILHO et al., 2016). Acredita-se que a Poda Programada de Ciclo no Café Arábica possa alterar de forma positiva o teor de matéria orgânica do solo. Desse modo, a busca por informações sobre a dinâmica de liberação de nutrientes oriundos da decomposição dos ramos plagiotrópicos eliminados com a poda é fundamental para que se possa compatibilizar a capacidade de reaproveitamento de recursos que contribui com a manutenção da fertilidade do solo. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o aporte de biomassa e a ciclagem de nutrientes em cafeeiro arábica conduzido com a Poda Programada de Ciclo e níveis de adubação potássica.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

O *C. arabica* é o mais comercializado seguido do *C. canephora*. Sua superioridade na qualidade da bebida é responsável pela ampla aceitação no mercado. A espécie chegou ao Brasil em 1727, no entanto a cafeicultura brasileira só ganhou importância na economia somente no século XIX, se consolidando como um dos principais produtos do agronegócio brasileiro (MATIELLO et al., 2005).

O *C. arabica* é a espécie mais importante dentro gênero *Coffea* e abrange em torno de 70% do café produzido. Seu centro de origem se encontra na Etiópia, embora atualmente seu cultivo se localize principalmente no continente americano, na África e na Ásia. Entre as espécies do gênero *Coffea*, é a única tetraplóide. Essa espécie possui quatro conjuntos do número básico de cromossomos do gênero ( $n=11$ ), totalizando 44 cromossomos (SOUZA et al., 2004).

O *C. arabica* é um arbusto perene e pode alcançar de 4 a 5 m de altura, podendo apresentar mais de um ramo ortotrópico por planta. Apresenta um sistema radicular do tipo pivotante-fasciculado. Os ramos reprodutivos (ramos plagiotrópicos) são longos, flexíveis e um tanto delgados. As folhas são opostas, ligeiramente pecioladas (6 a 12 mm), inteiras, ovais ou oval-lanceoladas. As flores são brancas e se agrupam em média de 2 a 3 nas axilas das folhas e formam glomérulos florais de 8 a 18 flores em média. O ovário desenvolve-se em fruto que, ao

atingir a maturidade fisiológica, é ovóide ou subglobular, e atinge de 10 a 15 mm de diâmetro e 17 a 18 mm de altura. As dimensões das sementes e suas formas diferem entre as variedades, as condições do ambiente, da cultura e do manejo, com cerca de dez mm de comprimento, 6 a 7 de largura e 3 a 4 de espessura. O grão apresenta uma tonalidade cinza-amarelado a cinza-azulado ou cinza-esverdeado, dependendo do cultivar, região, método de preparo e tempo de armazenamento (COSTE, 1955).

## 2.2 DECOMPOSIÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES

A matéria orgânica é resultado da decomposição de resíduos de origem animal e vegetal, não apresentando relação com o material de origem do solo, e exerce papel fundamental na manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo nos ecossistemas (SELLE, 2007; GAMA-RODRIGUES et al., 2008).

A manutenção da matéria orgânica em sistemas agrícolas ocorre por meio de deposição de restos culturais, constituído por folhas, galhos, cascas e material reprodutivo das plantas, e esse material é denominado de serapilheira. Esse aporte pode contribuir para aumento nos teores da matéria orgânica, que é essencial para a sustentabilidade dentro dos agrossistemas (ARAUJO et al., 2004; PINTO, 2016).

A decomposição da serapilheira é uma variável importante na ciclagem de nutrientes e o conhecimento de sua dinâmica é essencial para a compreensão dos processos que envolvem mineralização e liberação de nutrientes (KLIEMANN et al., 2006).

A ciclagem de nutrientes é o processo no qual os nutrientes são adsorvidos pelas plantas e retornam ao solo por meio do aporte e decomposição de resíduos vegetais, sendo mineralizados por meio da ação de microrganismos e disponibilizados novamente para as plantas. É um processo de grande importância para o equilíbrio ecológico tanto para florestas nativas quanto para sistemas agrícolas, e dentro desse processo ocorre transferência de nutrientes de um compartimento para outro, envolvendo uma série de ciclos naturais.

Em um ecossistema, a ciclagem de nutrientes ocorre por meio de três ciclos: o ciclo geoquímico é caracterizado pelas trocas de minerais entre o ecossistema e seus componentes externos (rocha matriz, deposição de poeira, chuva química, erosão, lixiviação, etc); o ciclo bioquímico, caracterizado pela distribuição e mobilização do nutriente nos diferentes

compartimentos dos tecidos vegetais (dos tecidos mais velhos para os mais novos) (POGGIANI; SCHUMACHER, 2000).

Já o ciclo biogeoquímico ou reciclagem de nutriente refere-se às trocas químicas entre o solo e as plantas. Esse ciclo é caracterizado, num primeiro estágio, pela absorção dos nutrientes atrás do sistema radicular, seguido por sua distribuição nos diferentes compartimentos do tecido vegetal (POGGIANI; SCHUMACHER, 2000).

Para compreender as funções de um ecossistema é fundamental construir um conhecimento da dinâmica da ciclagem dos nutrientes. A taxa de decomposição do material orgânico e sua análise qualitativa e quantitativa são aspectos importantes para a compreensão dos ecossistemas devido ao seu papel primordial na manutenção dos solos. Nos sistemas agrícolas, essa concepção torna-se essencial para tomadas de decisões referentes ao manejo e, conseqüentemente, economia de recursos, principalmente relacionado à adubação (ALVES et al., 2006; PINTO, 2016).

Na cafeicultura, quando se realizam tratamentos culturais como as podas para a renovação da lavoura, ocorre um aporte de material vegetal elevado. Isto permite a reciclagem de parte dos nutrientes presentes em folhas e ramos, podendo contribuir para uma diminuição no aporte de fertilizantes, além de proporcionar um equilíbrio ecológico dentro do sistema. No entanto, não existem dados detalhados sobre a ciclagem de nutrientes desse material podado, sendo necessários estudos mais direcionados que permitam gerar informações que auxiliem na compreensão do agrossistema.

### 2.3 PODA PROGRAMADA DE CICLO DO CAFEEIRO ARÁBICA

Na cafeicultura, após sucessivas colheitas, é comum observar diminuição do vigor dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos e, conseqüentemente, da capacidade produtiva. Portanto, se faz necessário uma intervenção para reverter essa situação e, nesse sentido, a poda surge como uma alternativa interessante na busca pela revitalização da lavoura (VERDIN FILHO et al., 2016).

A Poda Programada de Ciclo (PPC), que primeiramente foi introduzido no manejo do cultivo de café conilon, é uma técnica que migrou para o cultivo do café arábica em 2016, onde baseou-se na condução de plantas com mais de uma haste ortotrópica, com a realização de desbrotas (retirada das brotações) e com a eliminação da saia do cafeeiro, resultando na PPCA,

ou seja, a Poda Programada de Ciclo para o Cafeeiro Arábica (VERDIN FILHO et al., 2016; BAITELLE, 2018).

Maiores produtividades podem ser observadas no cafeeiro arábica quando conduzido com maior número de hastes por planta, espaçamentos mais adensados e com a PPCA (VERDIN FILHO et al., 2016). Estes autores evidenciaram maior rendimento da cultura e produtividade com a manutenção de três hastes ortotrópicas por planta e com a remoção dos ramos plagiotrópicos que produziram mais de 70% de sua capacidade, tendo um ganho na produção de 22% quando comparado ao manejo tradicional de poda.

O uso desse manejo de poda pode ser recomendado como uma técnica que otimiza o uso da área e aumenta as taxas de produtividade, principalmente para regiões onde a mecanização é inviabilizada pela declividade acentuada do relevo. A condução de mais de um ramo ortotrópico por planta de cafeeiro arábica possibilita incrementos consideráveis na produtividade, diminuição da necessidade de mão de obra na colheita e diminuição do efeito bienal, características que contribuem para aumentar a competitividade dos cafés produzidos pelos agricultores de regiões montanhosas, frente aos cafés produzidos com menores custos de produção e colhidos mecanicamente (VERDIN FILHO et al., 2016).

## 2.4 POTÁSSIO

A produção do cafeeiro está intrinsicamente relacionada com sua nutrição. No início da fase reprodutiva, as exigências nutricionais, para a maioria das espécies, tornam-se mais intensas, sendo mais demandada no período de formação dos frutos, quando ocorre considerável translocação de nutrientes, como potássio (K) e nitrogênio (N) (KANO et al., 2010).

O potássio é o cátion mais abundante nos tecidos vegetais, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes na forma do íon  $K^+$ . As funções conhecidas do K são relacionadas à ativação de cerca de sessenta sistemas enzimáticos envolvidos em diversos processos como a fotossíntese, respiração, metabolismo de carboidratos, translocação e síntese de proteínas e balanço iônico (GATTWARD, 2010).

Diferente dos demais nutrientes na planta, o K não participa de nenhuma estrutura molecular, sendo encontrado na forma de cátion livre ou adsorvido nas paredes das células, desse modo é um elemento altamente trocável dentro célula. Quanto à necessidade da planta de

cafeeiro por esse nutriente para o ótimo desenvolvimento vegetativo Malavolta (1986) afirma que a faixa adequada de K disponível no solo para cafeeiro é de 117 a 156 mg dm<sup>-3</sup>.

A produtividade do cafeeiro é afetada diretamente pela disponibilidade de macro e micronutrientes. Dentre esses, o N e o K apresentam maior absorção, sendo o nitrogênio mais exigido em anos de safra baixa (formação de vegetação) e o K em anos de safra alta (formação de frutos). Assim, é necessário a disponibilidade de quantidades adequadas destes nutrientes no solo para suprir as exigências das culturas e, com isso, manter o equilíbrio nutricional (SOARES, 2013; BARROS, 2018).

O potássio é um elemento com importante atuação nos processos fisiológicos e para a obtenção de altos índices de colheita, pois influencia diretamente a produtividade e a atividade enzimática, com reflexos positivos na qualidade dos grãos do café (SOARES, 2013; BRAVIN et al., 2019).

A adubação é um dos tratos culturais mais importantes no aumento e na manutenção da produtividade do cafeeiro, vai influenciar na produção e qualidade da biomassa e, como consequência, aumenta o material que será aportado ao solo através da poda, o que irão liberar nutrientes no processo de decomposição, servindo para o crescimento e produção na safra seguinte (RODRIGUES et al., 2010; MATIELLO et al., 2005).

A velocidade de liberação de nutrientes dos resíduos culturais durante o processo de decomposição depende da localização e da forma em que esses nutrientes se encontram nos órgãos da planta. O potássio, por estar presente em componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas, é rapidamente lixiviado logo após o aporte do material vegetal sobre o solo, com pequena dependência dos processos microbianos (MARSCHNER, 1995; MATIELLO et al., 2005).

Giacomini et al. (2003), avaliando a liberação de P e K em diferentes resíduos culturais, observaram que o K foi rapidamente liberado dos resíduos, apresentando uma taxa média de liberação 4,5 vezes maior do que a observada em relação ao P. Segundo os autores, essa rápida liberação de K, que ocorreu nos primeiros 15 dias de experimento, pode ser atribuída ao fato de o K ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal.

A utilização combinada de técnicas como a poda programa de ciclo e o manejo nutricional do cafeeiro pode atuar como estratégia de melhoria do sistema produtivo do café,

por meio do conhecimento sobre a dinâmica de aporte de biomassa dos materiais podados e a sua contribuição para a atuação da matéria orgânica do solo. Segundo Guareschi e Pereira (2013), a introdução de matéria orgânica por meio de materiais vegetais podados pode contribuir de forma significativa com os atributos químicos do solo, principalmente pela ciclagem dos nutrientes até então imobilizados nos tecidos que foram eliminados da planta. Nesse contexto e por ser uma técnica relativamente recente no manejo do café arábica, estudos devem ser conduzidos sobre a poda programada de ciclo e sua interação com os diferentes fatores da cadeia produtiva do café.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL

O estudo foi desenvolvido em uma área do Centro de Pesquisas Cafeeiras – Eloy Carlos Heringer, Martins Soares-MG, que está localizada a 750 m de altitude, com coordenadas geográficas 20°14'30"S e 41°50'44"W em uma lavoura de cafeeiro arábica. O material genético avaliado foi a variedade Catuaí Vermelho IAC 44, com maturação intermediária, com oito anos de idade, conduzida no espaçamento de 2,5 × 0,6 m, com uma população de 6666 plantas ha<sup>-1</sup> e considerado cultivo adensado (REIS; CUNHA, 2010).

Os atributos químicos das amostras de solo da área experimental foram determinados no Laboratório de análise de solos e folhas do Sindicato dos Produtores Rurais de Manhuaçu-MG, de acordo com Embrapa (1997), como pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1** - Atributos químicos e matéria orgânica do solo na camada de 0-20 cm na área experimental de Centro de Pesquisas Cafeeiras – Eloy Carlos Heringer, Martins Soares-MG, ano de 2019.

pH	P	K	H + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SB	CTC	V	MO
H <sub>2</sub> O	-----mg dm <sup>-3</sup> -----		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%	dag kg <sup>-1</sup>
4,39	76,60	230,50	9,80	0,96	2,33	0,31	3,16	4,19	24,26	4,47

MO = matéria orgânica; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = saturação por bases; H+Al = acidez potencial.

A lavoura foi recepada no ano de 2016, a uma altura de 20 cm. As brotações que surgiram foram conduzidas para promover o estabelecimento de duas hastes ortotrópicas por planta. Após o início do ciclo reprodutivo foi adotado o manejo de Poda Programada de Ciclo

do Cafeeiro Arábica - PPCA (VERDIN FILHO et al., 2016), onde, após cada colheita, foram retirados os ramos plagiotrópicos que produziram 70% de sua capacidade produtiva.

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições para o estudo do aporte de biomassa, teores e conteúdo de nutrientes nas folhas e ramos eliminados com a poda. Os tratamentos corresponderam aos quatro níveis de adubação com K, sendo 50, 100, 150 e 200% da adubação padrão recomendada para o cafeeiro arábica. A parcela experimental constituiu-se de quatro plantas disponíveis para avaliações.

Para o estudo da taxa de decomposição da biomassa e da liberação de nutrientes, utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas em delineamento de blocos casualizados e quatro repetições, com quatro doses de K na parcela (50, 100, 150 e 200% da recomendação) e nove períodos de avaliação na subparcela (30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após a poda).

### 3.3 CONDUÇÃO DO ENSAIO

Foi realizada a análise de solo em um cafeeiro conduzido sem Poda Programada de Ciclo para recomendação de calagem e adubação do experimento. A adubação padrão foi baseada na recomendação para a cultura do café arábica (PREZOTTI et al., 2013). O fertilizante utilizado para fornecimento de  $K_2O$  foi cloreto de potássio. Os demais nutrientes foram fornecidos em 100% para todos os tratamentos de acordo com a produtividade. Para a fonte de N, utilizou-se a ureia e para o fornecimento de  $P_2O_5$ , utilizou-se o superfosfato simples. As adubações foram realizadas no período chuvoso, divididas em três aplicações, que foram realizadas em novembro, dezembro e fevereiro na safra 2019. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendação de Reis e Cunha (2010) e os tratos fitossanitários foram realizados acompanhando a sazonalidade da ocorrência de pragas e doenças. O experimento foi conduzido sem a utilização de irrigação.

### 3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

#### 3.4.1 Biomassa e conteúdo de nutrientes

Todo material podado, de cada tratamento, resultante da desrama dos ramos plagiotrópicos (compostos por folhas e caules) que atingiram 70% de sua capacidade produtiva, foi coletado e pesado em balança analítica para se obter a massa fresca de folha e massa fresca do caule dos ramos plagiotrópicos. Após a pesagem uma amostra foi retirada, seca em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até atingir massa constante, em seguida foi aferida a massa seca de folhas dos ramos plagiotrópicos (MSF) e a massa seca de caule dos ramos plagiotrópicos (MSC) em balança analítica e, posteriormente, realizada a trituração do material em moinho tipo Wiley, e submetida a análises químicas dos teores nutricionais (EMBRAPA, 1997). A determinação do total de biomassa dos ramos plagiotrópicos depositados por hectare (TBD; kg ha<sup>-1</sup>) foi obtido por meio da soma das estimativas de massa seca total de folhas dos ramos plagiotrópicos por hectare (MSTF; kg ha<sup>-1</sup>) e massa seca total de caules dos ramos plagiotrópicos por hectare (MSTC; kg ha<sup>-1</sup>).

As determinações dos teores de N, K, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas e nos caules dos ramos plagiotrópicos foram realizadas de acordo com os métodos adaptados descritos pela Embrapa (1997). Após a retirada das amostras que foram necessárias para as análises químicas, o restante do material podado foi levado novamente ao campo experimental e distribuído de forma homogênea no solo nas linhas de plantio. O conteúdo nutricional aportado no solo com material podado foi estimado utilizando o total de biomassa dos ramos plagiotrópicos depositados por hectare (TBD; kg ha<sup>-1</sup>) e o teor de nutrientes em folhas e caule dos ramos plagiotrópicos, por meio de multiplicação simples.

#### 3.4.2 Taxa de decomposição e liberação de nutrientes

A taxa de decomposição das folhas de café arábica obtidas por meio da desrama dos ramos plagiotrópicos que já atingiram 70% de sua capacidade produtiva foi determinado pelo método direto, usando-se sacos de decomposição, também chamados de *litterbag*. As folhas foram colhidas no material da desrama no momento da poda, sendo posteriormente colocadas para secar em estufa a 60 °C até atingir massa constante. Após secagem, 20 gramas de folhas foram transferidas para os *litterbag*. Os *litterbag* foram confeccionados em malha de 5 × 5 mm, com tamanho de 20 × 20 cm de modo a possibilitando a passagem de macro e meso invertebrados (Figura 1). Foram utilizados 144 *litterbag* que foram distribuídos nas áreas de

estudo de acordo com os tratamentos. Foram realizadas 9 coletas, sendo aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após a distribuição dos litter bag no experimento.

Após a coleta, os sacos de decomposição foram encaminhados ao laboratório onde os materiais foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, para posterior obtenção da massa seca, em balança analítica (g).

O percentual de massa remanescente, em relação a massa inicial de folhas (20 g) em cada época de coleta, foi determinado em balança analítica com precisão de 0,01 g. Após pesagem, foi realizada a trituração do material em moinho tipo Wiley, e realizadas as análises químicas dos teores nutricionais tanto de macro quanto de micronutrientes, de acordo com os métodos descritos pela Embrapa (1997), com adaptações. O material inicialmente passou por digestão nitroperclórica (SARRUGE; HAAD, 1974) para determinação de P, K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn. Para determinação dos teores de N, o material vegetal passou por digestão sulfúrica. Após a digestão, o N e P foram determinados por espectrofotômetro. O K, Cu, Mn e Zn foram determinado por fotometria em chama e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica.



**Figura 1** – Representação da pesagem e dos *litterbag*.

A determinação do teor de carbono orgânico das folhas do cafeeiro arábica foi determinada por meio do analisador elementar LECO, modelo C-144. Nesse método, a amostra foi inserida em ambiente de oxigênio puro com temperatura regulada em 1.350 °C, sendo submetida a combustão completa, onde o carbono liberado em forma de dióxido de carbono é

medido por sensores de infravermelho. O resultado foi convertido em porcentagem pelo próprio aparelho, considerando a massa da amostra, a calibração e o valor de umidade conhecida (LECO, 2008).

A porcentagem de liberação de nutrientes foi obtida pela fórmula descrita por Guo e Sims (1999):

$$R\% = \frac{W_0 C_0 - W_t C_t}{W_0 C_0} \times 100$$

Em que:  $W_0$  = peso seco inicial do *litterbag*, em g;  $C_0$  = teor inicial do nutriente no *litterbag*; macronutrientes, em g kg<sup>-1</sup>, e micronutrientes, em mg kg<sup>-1</sup>;  $W_t$  = peso seco de folhas remanescentes no *litterbag* nos dias ( $t = 30, 60, \dots, 360$  dias), em g;  $C_t$  = teor do nutriente nas folhas remanescentes nos dias ( $t = 30, 60, \dots, 360$  dias); macronutrientes, em g kg<sup>-1</sup>, e micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup>.

### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as análises de aporte de biomassa, teores e aporte de nutrientes contidos nos ramos plagiotrópicos, os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os dados referentes aos percentuais de massa remanescente e taxas de liberação de nutrientes, em função dos níveis de adubação com K e dos dias após a poda, também foram submetidas à análise de variância (5% de probabilidade) para verificação da presença de efeitos significativos dos fatores, de forma conjunto e isolada. Na presença de efeito significativo para a variação dos dias após a poda, empregou-se a análise de regressão para o estudo do percentual de massa remanescente, sendo escolhido o modelo de regressão (linear ou polinomial) que melhor se ajustou aos dados observados ( $R^2$ ) e cujos coeficientes angulares sejam significativos. Para a análise estatística, utilizou-se o programa GENES (CRUZ, 2013).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 APORTE DE BIOMASSA E NUTRIENTES PELAS FOLHAS E CAULES DOS RAMOS PLAGIOTRÓPICOS ELIMINADOS COM A PODA

Na Tabela 2 são apresentados os dados médios de aporte de biomassa seca depositada sobre o solo após a poda, em função das doses de adubações de potássio. As variáveis MSTF e TBD apresentaram as menores médias no nível de 100% de K. Desse modo, é possível observar que ocorreu uma maior retirada de ramos plagiotrópicos com a poda nos demais tratamentos, resultando em maior quantidade de ramos depositados sobre o solo.

**Tabela 2** - Biomassa seca depositada sobre o solo após a poda de ramos plagiotrópicos no cafeeiro arábica e em função dos níveis de adubação com potássio no solo (Martins Soares-MG, altitude de 750 m, ano de 2019).

Nível de K	MSTF	MSTC	TBD
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
50%	708,81 a	211,04 ab	919,85 a
100%	549,23 b	190,32 b	739,55 b
150%	679,60 a	226,21 a	905,81 a
200%	666,95 a	226,71 a	893,66 a
CV (%)	5,11	6,02	4,57

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação; MSTF = massa seca total de folhas dos ramos plagiotrópicos por hectare; MSTC = massa seca total de caules dos ramos plagiotrópicos por hectare; TBD = total de biomassa dos ramos plagiotrópicos depositados por hectare.

A biomassa depositada na cobertura do solo variou de 739,56 kg ha<sup>-1</sup> a 919,85 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). Nesse sentido, o aporte anual de biomassa por meio da etapa de desrama (eliminação dos ramos plagiotrópicos depauperados após a colheita) da Poda Programada de Ciclo pode favorecer o incremento da matéria orgânica, o que contribui para maiores níveis de fertilidade além de promover a cobertura do solo (CAMPANHA et al., 2007). Thomazini et al. (2012) observaram maiores perdas de solo e nutrientes em sistemas de manejo convencional quando comparados com sistemas que apresentavam o incremento da cobertura do solo.

Em linhas gerais, aproximadamente 75% da biomassa total dos ramos plagiotrópicos (TBD) foi composta pela biomassa de folhas (MSTF), que por sua vez é mais facilmente decomposta no solo do que os materiais caulinares. Segundo Momolli et al. (2018), material mais lábeis, como a biomassa foliar, apresentam maior taxa de decomposição. Essa

característica otimiza a capacidade de reciclagem dos nutrientes presentes nas folhas, podendo ser disponibilizados mais rapidamente para a solução do solo, quando comparado com os nutrientes contidos nos caules.

A Poda Programada de Ciclo é uma alternativa na condução de plantas e com potencial para contribuir com a sustentabilidade do sistema produtivo, abrindo a possibilidade de otimizar os efeitos benéficos da deposição de biomassa anualmente. O aumento da camada vegetal e da deposição de biomassa sobre solo no cultivo do cafeeiro é um fator importante para a manutenção dos níveis de matéria orgânica do sistema (VIEIRA et al., 2015). Pavinato e Rosolem (2008) observaram que o aporte constante de biomassa promove a elevação do pH do solo e o aumento da saturação da CTC por Ca, Mg e K adicionados via resíduos vegetais.

As estimativas dos conteúdos de nutrientes aportados por hectare com a biomassa depositada com a poda (folhas e caules dos ramos plagiotrópicos) e em função dos níveis de K podem ser observadas na Tabela 3. Houve diferenciação significativa entre os tratamentos para os conteúdos aportados de N, P, K, Mg e Fe, onde, de modo geral, os menores conteúdos aportados por área podem ser observados em função do nível de 100% de adubação com K (Tabela 3), uma vez que a quantidade de biomassa total depositada sobre o solo também foi menor em função desse tratamento.

**Tabela 3** - Aporte de macro e micronutrientes contidos nos ramos plagiotrópicos do cafeeiro arábica eliminados com a poda de desrama em função dos níveis de adubação com potássio no solo (Martins Soares-MG, altitude de 750 m, ano de 2019).

Níveis de K	kg ha <sup>-1</sup>					g ha <sup>-1</sup>			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
50%	14,48 a	0,81 a	15,95 a	19,52 a	3,43 a	148,38 a	12,77 a	63,72 a	10,11 a
100%	11,22 b	0,65 b	12,30 b	14,93 a	2,50 b	111,28 b	10,45 a	46,55 a	7,78 a
150%	14,16 a	0,74 ab	14,94 ab	17,04 a	3,07 ab	154,99 a	11,16 a	54,07 a	9,72 a
200%	13,91 ab	0,71ab	15,76 a	17,63 a	2,91 ab	154,72 a	9,15 a	48,20 a	11,28 a
CV (%)	9,50	7,39	9,70	20,43	12,41	9,63	17,38	21,31	35,51

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

Para os conteúdos de Ca, Cu, Mn e Zn não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3). De modo geral, as quantidades de nutrientes contidas na biomassa de ramos plagiotrópicos eliminados com a poda apresentam considerável potencial de ciclagem e disponibilização no solo, pois por meio da poda é possível que esses nutrientes,

que até então estavam imobilizados nos tecidos vegetais depauperados, retornem ao solo e sejam reabsorvidos pelas plantas após a decomposição.

Para fins comparativos, a quantidade aportada de N, P e K, é o suficiente para suprir 5%, 3% e 15%, respectivamente, da necessidade da cultura do cafeeiro estimando uma produtividade de 60 sacas beneficiadas por hectare (MESQUITA et al., 2016). Para os micronutrientes Cu e Mn, levando em consideração uma classificação de fertilidade do solo com nível adequado, a contribuição do aporte é de 1,32% e 1,20%, respectivamente (RIBEIRO et al., 1999).

A permanência de cobertura do solo em sistemas cafeeiros resulta em aportes consideráveis de nutrientes. Puertas et al. (2008), avaliando o potencial de contribuição de cobertura na fertilidade do solo, utilizando *Arachis pintoi*, *Calopogonium mucunoides*, *Callisia repens*, *Canavalia ensiformis* e *Centrosema macrocarpum*, observaram que quanto maior a produção de biomassa maior será a extração e reciclagem de nutrientes. Costa et al. (2010) observaram que a quantidade de nutrientes aportada via serapilheira variou, em kg ha<sup>-1</sup> de 110 a 170 para o N; de 4 a 7 para o P; de 18 a 63 para o K; de 100 a 190 para o Ca; e de 25 a 40 para o Mg. Esses autores concluíram que o aporte de nutrientes se mostrou fortemente associado com a produção de biomassa. No presente estudo, é possível inferir que a quantidade de biomassa depositada no solo está fortemente associada com a intensidade da desrama (etapa de eliminação de ramos plagiotrópicos depauperados na poda programada de ciclo).

Os teores de C e as relações C/N e C/P não expuseram diferença significativa em função das doses de K. De modo geral, o teor médio observado de C foi de 52,85 dag kg<sup>-1</sup>, enquanto que para as relações C/N e C/P, 29,62 e 541,61, respectivamente. Resultados semelhantes de relação C/N foram observados por Santinato et al. (2019), ao avaliarem a influência das podas no cafeeiro na ciclagem de nutriente, obtiveram relação C/N variando de 29,4 para o esqueletamento leve a 42 na recepa, evidenciando que quanto mais drástica a poda, maiores serão essas relações, certamente devido ao aumento na quantidade de material altamente lignificado (caules mais grossos).

As relações C/N e C/P podem ser utilizadas para avaliação da resistência da biomassa à decomposição (SORATTO et al., 2012). Segundo Godinho et al. (2014), a mineralização e a imobilização seguem uma linha paralela entre si, que são controladas pela demanda nutricional dos organismos decompositores. Desse modo, o balanço entre esses dois processos depende da qualidade do resíduo em decomposição, que apresenta uma estreita correlação com as relações

C/N e C/P. Esses autores observaram relações C/P de 707 em florestas estacionais semidecidual. Menores relações C/P induzem a taxas de liberação mais acentuada de P no sistema.

A decomposição da biomassa não depende somente dos fatores climáticos e ambientais, mas também do manejo da adubação e da época de poda. A decomposição pode proporcionar mineralização e imobilização dos nutrientes, em função das relações C/N e C/P. Quando a relação C/N do material orgânico é alta, acima de 30, há um predomínio da imobilização dos nutrientes (SOUTO et al., 2013).

A mobilização de nutrientes para a formação dos frutos afeta as concentrações de nutrientes que são considerados móveis no floema (TAIZ; ZEIGER, 2013). Reis (2019) observou que durante a fase de frutificação houve um aumento na atividade de remobilização de N e K no período de maturação dos frutos de café arábica. Diante disso, pode-se afirmar que os conteúdos de nutrientes presentes nos tecidos foliares e caulinares após a poda não foram remobilizados para os frutos e as partes mais novas da planta. Desse modo, esses nutrientes não aproveitados podem retornar ao solo por meio da decomposição dos materiais podados, contribuindo para melhorar a eficiência do sistema de cultivo do cafeeiro.

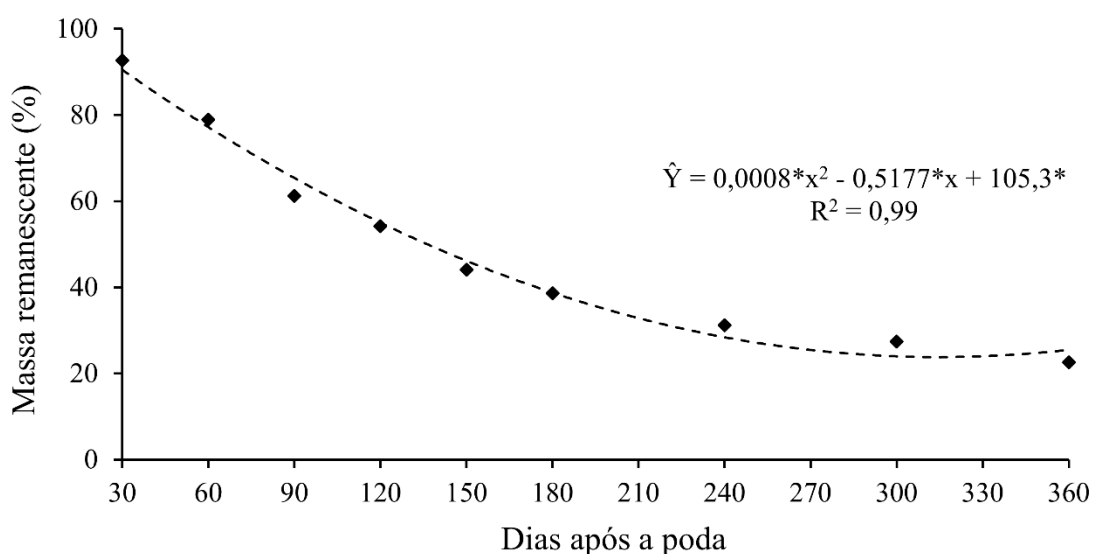
#### 4.2 DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA BIOMASSA FOLIAR APORTADA SOBRE O SOLO COM A PODA PROGRAMADA E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Não foi observado efeito significativo para a interação entre os níveis de adubação com K e os dias após a poda para a massa remanescente foliar durante o processo de decomposição. Significância se observou em função dos dias após a poda, sendo analisado o efeito isolado dessa fonte de variação sobre a massa remanescente, conforme apresentado na Figura 2.

Houve ajuste ao modelo de regressão linear de segundo grau, com ponto de mínimo em aproximadamente 324 dias após a poda. Notou-se uma diminuição na massa remanescente a partir dos 30 dias após a poda, chegando a 78,5% do material foliar decomposto aos 324 dias, com tendência de estabilização a partir desse ponto (Figura 4). Após 30 dias de permanência no campo, cerca de 9,5% do material foliar foi decomposto. Posteriormente, aos 150 dias,

54,4% do material foliar havia sido decomposto. Após esse período, a velocidade de decomposição do material foliar foi menos acentuada (Figura 2).

Resultados semelhantes foram observados por Pinto (2016) ao avaliar a perda de massa foliar de cafeeiros, onde ocorreu uma decomposição acelerada até 180 dias, se estabilizando aos 240 dias e atingindo uma decomposição de 64% aos 360 dias. O fator tempo, associado aos fatores microclimáticos e às ações dos microrganismos promovem uma decomposição regular e contínua (HOLANDA et al., 2015).



**Figura 2** – Percentual de massa foliar remanescente em função dos dias após a Poda Programada de Ciclo de ramos plagiotrópicos no cafeeiro arábica (Martins Soares-MG, altitude de 750 m, ano de 2019). \*coeficiente angular da regressão significativo pelo teste t (5% de probabilidade).

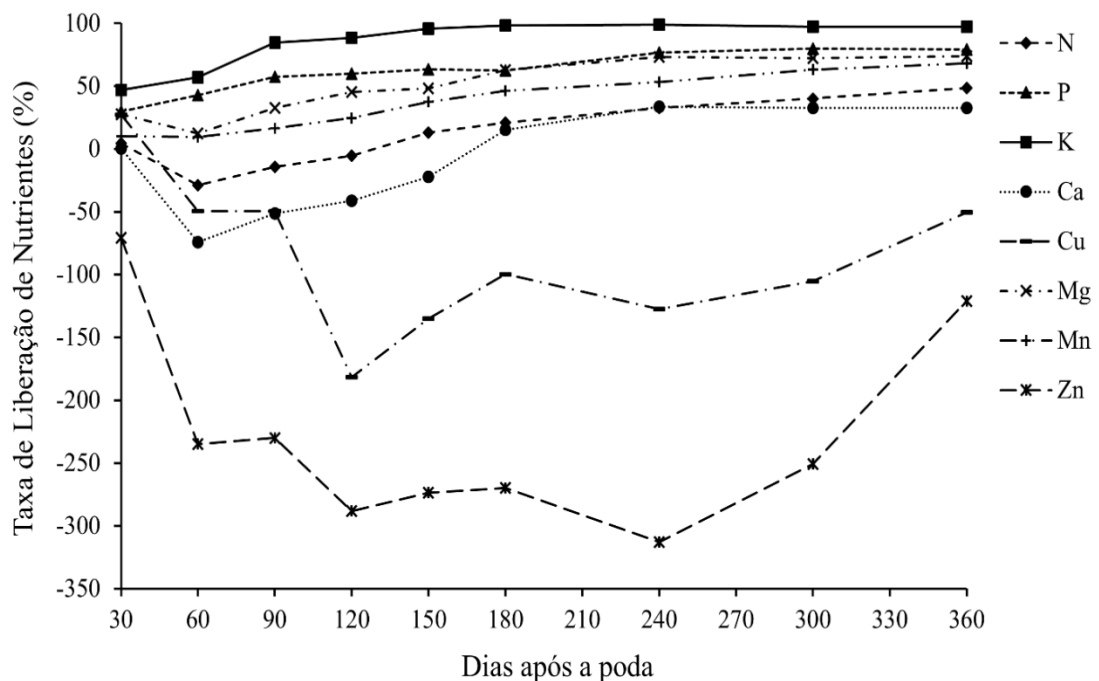
Os níveis de adubação com K não influenciaram as taxas de decomposição dos materiais podados, certamente porque a constituição nutricional das folhas variou pouco em função das doses de K, havendo diferenças apenas para a quantidade de biomassa foliar depositada, conforme observado na Tabela 2.

Não foi observado efeito significativo para a interação entre os níveis de adubação com K e os dias após a poda para a taxa de liberação de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu e Mn das folhas. Significância se observou em função dos dias após a poda e para todos os nutrientes estudados, porém analisou-se apenas a distribuição das médias da taxa de liberação em função

dos dias, tendo em vista a dificuldade em estabelecer equações de regressão que expressem as oscilações para a liberação de nutrientes das folhas ao longo dos dias (Figura 3).

A liberação de nutrientes apresentou comportamento variável quanto ao período de decomposição da biomassa foliar (Figura 3). O N oscilou de imobilização à mineralização até 150 dias, e a partir desse período foi possível observar taxas crescentes de liberação desse elemento. Os comportamentos do P, K, Mg e Mn foram semelhantes, onde foi possível observar liberação desses elementos ao longo do período de avaliação. Para o Ca, observou-se comportamento semelhante ao do N, no entanto foi possível notar níveis de imobilização até os 180 dias, ocorrendo ligeiras liberações após os 180 dias.

O Cu e o Zn apresentaram acentuadas variações de imobilização ao longo do período estudado, com tendências para chegar à mineralização em períodos maiores que máximo estudado (360 dias). No entanto, parece haver uma diminuição na taxa de imobilização a partir dos 240 dias de decomposição, de forma ainda mais acentuada para o Zn.



**Figura 3** - Liberação ou imobilização de macro e micronutrientes foliares em função dos dias após a poda de ramos plagiotrópicos no cafeeiro arábica (Martins Soares-MG, altitude de 750 m, ano de 2019).

Aos 360 dias de avaliação, observou-se a seguinte magnitude: liberação de 48,6% de N, 79,1% de P, 97,2% de K, 32,5% de Ca, 73,7% de Mg e 68,0% de Mn; bem como imobilização de 50,4% de Cu e 120,9% de Zn (Figura 3).

A liberação de P também foi verificada por Espindola et al. (2006) para leguminosas, onde verificaram uma liberação de P de 50% nos primeiros 120 dias no período seco. Entretanto, acúmulo inicial de P foi relatado por Viera et al. (2014) em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*, ocorrendo imobilização de 20% de P nos primeiros 12 meses. Pinto (2016) observou uma liberação de 50% de P em folhas de cafeeiros, demonstrando o potencial desse material na ciclagem desse nutriente.

Para o K, o simples processo de lixiviação é o suficiente para que ocorra, de forma efetiva, a transferência desse elemento dos resíduos vegetais para o solo, não sendo necessária a previa mineralização do material, devido, principalmente, a esse elemento se encontrar na forma iônica (COSTA et al., 2005).

Comportamento semelhante foi reportado por Scheer (2008) em trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial Atlântica em regeneração natural. Aos 90 dias, aproximadamente 80% do K havia sido liberado do material contido nos *litterbags*, seguindo esse desempenho constante até o final da avaliação.

Quanto à liberação de Mg, Pinto (2016) também observou liberação desse elemento da biomassa foliar do café. No entanto, quando esse resíduo foi associado ao de leguminosas, ocorreu imobilização inicial, reforçando que as características do material vegetal irão influenciar à capacidade de ciclagem de nutrientes. Liberação de Mg também foi relatado por Momolli et al. (2018), onde 50% a 67% desse nutriente retornou ao solo após 360 dias.

Após 360 dias em decomposição, a ordem de liberação de nutrientes foliares do cafeeiro, proporcionalmente em relação à quantidade inicial do nutriente, foi:  $K > P > Mg > Mn > N > Ca$ . Esses resultados de liberação diferem dos encontrados por Espindola et al. (2006) para a liberação de nutrientes da biomassa de leguminosas herbáceas, que seguiu a ordem:  $K > Mg > P > N > Ca$ . No entanto, vale ressaltar que a ordem de liberação para o cafeeiro seja característica intrínseca da cultura. Os demais nutrientes, Cu e Zn, apresentaram efeitos de imobilização pelos agentes decompositores.

As maiores demandas do cafeeiro arábica, de modo geral, ocorrem no período da floração até a granação dos frutos, que geralmente correspondem aos meses de setembro a

março (CAMARGO; CAMARGO, 2001). Esse período equivaleu de 30 a 240 dias após a realização da poda. Dessa forma, pode-se afirmar que parte dos nutrientes contidos no material depositado sobre o solo com a poda já estava disponível para ser reabsorvido e utilizado pelas plantas de café. Além disso, a influência anual da Poda Programada de Ciclo possibilita o suprimento contínuo de material vegetal depositado sobre o solo, bem como sua decomposição e liberação de nutrientes. Tudo isso estabelece uma valiosa contribuição para a sustentabilidade do sistema produtivo.

O presente trabalho abre a possibilidade de estudos futuros que foquem na avaliação de outros componentes da planta, tais como caules e tecido reprodutivos, de modo a construir o conhecimento sobre o comportamento do cafeeiro manejado com a poda programada e as contribuições da poda para a manutenção da matéria orgânica do solo e ciclagem de nutrientes.

A maioria das justificativas para a ausência de resposta em função das doses de K está no fato dos níveis desse elemento contidos no solo já estarem adequados para o cultivo do cafeeiro arábica. Entretanto, é necessário maior aprofundamento na busca de explicações para esse fato. A análise das diferentes formas de K no solo, além da forma trocável, poderia ser importante informação, pois alguns tipos de solos contêm minerais como, por exemplo, as micas, que possuem potássio em sua estrutura, em forma não disponível para as plantas. De acordo com Malavolta (1986), a faixa adequada de K disponível no solo para cafeeiro é de 117 a 156 mg dm<sup>-3</sup>, enquanto que nesse experimento foi observado 230,50 mg dm<sup>-3</sup>, valor este maior que a faixa ideal.

## 5. CONCLUSÕES

A quantidade de biomassa de ramos plagiotrópicos depositada após a etapa de desrama da Poda Programa de Ciclo do café arábica é consideravelmente relevante, com potencial de incremento nos teores de matéria orgânica do solo e ciclagem de nutrientes. Houve uma menor quantidade de biomassa depositada em função do nível de 100% da adubação com K, certamente devido à menor intensidade da poda nesse tratamento.

Quantidades significativas de nutrientes foram encontradas nos materiais podados e que poderão ser reabsorvidos pelas plantas após a decomposição dos mesmos.

Os níveis de adubação com potássio não influenciaram a taxa de decomposição das folhas eliminadas com a poda, chegando a 78,5% de decomposição aos 324 dias após a poda. Aos 360 dias após as folhas serem depositadas sobre o solo, observou-se o seguinte comportamento dos nutrientes contidos nas mesmas: liberação de 48,6% de N, 79,1% de P, 97,2% de K, 32,5% de Ca, 73,7% de Mg e 68,0% de Mn, bem como imobilização de 50,4% de Cu e 120,9% de Zn.

## 6. REFERÊNCIAS

ALVES, R. A.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HOLANDA, A. C. Aporte e decomposição de serapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.

BAITELLE, D. C. **Poda programada de ciclo no cafeeiro arábica**. 2018, 125f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2018.

BAITELLE, D. C.; VERDIN FILHO, A. C.; FREITAS, S. J.; MIRANDA, G. B.; VIEIRA, H. D.; VIEIRA, K. M. Cycle pruning programmed on the grain yield of *arabica coffee*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. 10, 2019.

BARROS, V. M. S. **Adubação combinada de n e p no solo no crescimento e nutrição de cafeeiro conilon**. 2018. 39f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2018.

BRAVIN, N. P., TURCATO, C. S., DOMINGUES, C. G., CASTOR, G. R., SANTOS, T. R., SANTOS, M. R., DIAS, J. R. M. Efeito da adubação potássica e sistemas de produção na produtividade de cafeeiros no estado de Rondônia. **SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL**, 10, 2019, Vitória. **Anais ...** Brasília: Embrapa Café, 2013.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; JARAMILLO-BOTERO, C.; GARCIAS, L. S. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

COSTA, C. C. A. et al. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açú-RN. **Revista Árvore**, v. 34, p. 259-265, 2010.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, v. 29, p. 563-570, 2005.

COSTE, R. Caféiers et les cafés dans le monde. **Éditions Larose**, p. 365, 1955.

CRUZ, Cosme Damião. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2013. 442p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**, 1997. 212p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 30, p. 321-328, 2006.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1165-1179, 2008.

GATTWARD, J. N. **Trocas gasosas e composição mineral em folhas de mudas clonais de *Theobroma cacao* L. submetidas a substituição parcial de potássio por sódio no solo**. 2010, 52f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus – BA, 2010.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. D. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P. A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 11-20, 2014.

GOKAVI, N.; JAYAKUMAR, M.; MOTE, K.; SURENDRAN, U. Diatomaceous Earth as a Source of Silicon and its Impact on Soil Physical and Chemical Properties, Yield and Quality, Pests and Disease Incidence of Arabica Coffee cv. Chandragiri. **Springer Nature**, p. 1-18, 2020.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob sistemas de aléias. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, 2013.

GUO, L.B; SIMS, R, E, H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v.75, n.1, p. 133-140. 1999

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; BÔAS, R. L. V. Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 1-5, 2010.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 21-28, 2006.

KOUKOURA, Z.; MAMOLOS, A. P.; KALBURTJI, K. L. Decomposition of dominant plant species litter in a semi-arid grassland. **Applied Soil Ecology**, v. 23, n. 1, p. 13-23, 2003.

LECO. **C-144 Carbon Determinator**. Specification Sheet 209-134-003. LECO Corporation, 2008. 2p.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. L. F.; DINIZ, A. R.; SANTOS, L. L.; MENEZES, C. E. G. Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da mata atlântica na bacia do rio Paraíba do Sul, RJ. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 4, p. 1222-1237, 2015.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, p.165-275, 1986.

MANCUSO, M. A. C. **Fontes e doses de potássio na cultura do café (*Coffea arabica* L.)**. 2012, 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. p.889

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento, Brasília, DF (Brasil), 2005. 548p.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: Emater-MG, 2016. 72p.

MOMOLLI, D. R. et al. Decomposição da serapilheira foliar e liberação de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* no Bioma Pampa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 118, p. 199-208, 2018.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo- decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PINTO, V. S. **Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos Vegetais em sistemas agroflorestais, no sul do estado do Espírito santo**. 2016. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal** Piracicaba: IPEF, 2000. 427p.

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: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

PUERTAS, F.; ARÉVALO, E.; ZÚÑIGA, L.; ALEGRE, J.; LOLI, O.; SOPLIN, H.; BALIGAR, V. Establishment of cover crops and their growth and nutrient uptake in a humid tropical soil of the Peruvian Amazon. **Ecología Aplicada**, v. 7, n. 2, p. 23-28, 2008.

REIS, M. R. **Retribuição de nutriente em razão da fenologia da frutificação do café arábica**. 2019. 45f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2010. 896p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RODRIGUES, W. N., MARTINS, L. D., TOMAZ, M. A. Reaproveitamento de folhas de café após a colheita na reciclagem de nutrientes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

SANTINATO, F.; RUAS, R. A. A.; SILVA, R. P.; PAIXÃO, C. S. S.; ORMOND, A. T. S. Morphological and productive influence of harvest on coffee plants. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 1, p. 144-150, 2019.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Esalq, 1974. 56p.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Floresta**, v. 38, n. 2, p. 1-14, 2008.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SOARES, Y. J. B. **Análise biométrica da eficiência nutricional de potássio em café arábica**. 2013. 130f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1462-1470, 2012.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. A. M. Liberação de nutrientes de esterco em Luvisolo no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 69-78, 2013.

SOUZA, F. F.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, M. M. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Embrapa Rondônia, Porto Velho, 2004. 21p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

THOMAZIELLO, R. A. Uso da poda no cafeeiro: por que, quando e tipos utilizados. **Revista Visão Agrícola**, v. 1, n. 12, p. 33-36, 2013.

THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C. A.; MENDONÇA, E. S. Losses of soil, water and nutrients in conservation and conventional coffee systems in the southern state of Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2. p. 150-159, 2012.

VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; FERRÃO, M. A. G. F.; FERRÃO, R. G.; MAURI, A. L.; FONSECA, A. F. A.; TRISTÃO, F. A.; JÚNIOR, S. A. Nova tecnologia de poda para o café arábica: poda programada de ciclo para o café arábica. **Coffee Science**, v. 11, n. 4, p. 475-483, 2016.

VIEIRA, M. V. M.; GIUNTI, O. D.; GRIS, C. F.; SILVA, A. V. Indicadores de sustentabilidade e influência de sistemas agroflorestal e convencional sobre a qualidade do solo e do café arábica em Piumhi-MG. **Revista Verde**, v. 10, n. 2, p. 229-238, 2015.