



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

WILLIAM MACEDO DELARMELINA

**FERTILIDADE, ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO E
SERAPILHEIRA EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL
SUBMONTANA**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2015

WILLIAM MACEDO DELARMELINA

**FERTILIDADE, ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO E
SERAPILHEIRA EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL
SUBMONTANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Silvicultura.

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Coorientadores: Sustanis Horn Kunz;
Elzimar de Oliveira Gonçalves

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

D339f Delarmelina, William Macedo, 1990-
Fertilidade, estoque de carbono orgânico do solo e serapilheira em
uma Floresta Estacional Semidecidual Submontana / William Macedo
Delarmelina. – 2015.
123 f. : il.

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Coorientador: Sustanis Horn Kunz; Elzimar de Oliveria Gonçalves.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Ciclagem de nutrientes. 2. Solos florestais. 3. Floresta Atlântica.
4. Decomposição. 5. Biomassa. I. Caldeira, Marcos Vinicius Winckler.
II. Kunz, Sustanis Horn. III. Gonçalves, Elzimar de Oliveria.
IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Agrárias. V. Título.

CDU: 630

**FERTILIDADE, ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO E
SERAPILHEIRA EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL
SUBMONTANA**

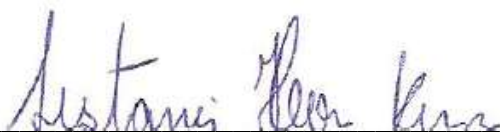
William Macedo Delarmelina

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Silvicultura.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2015.



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
(Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof.^a Dra. Sustanis Horn Kunz
(Coorientadora)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof.^a Dra. Karla Maria Pedra de Abreu
(Membro externo)
IFES-Campus de Alegre



Prof. Dr. Otacilio José Passos Rangel
(Membro externo)
IFES-Campus de Alegre

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Marilza e Vicente, e irmã, Juliana, por toda paciência e suporte a mim dedicado.

A toda minha família pelo exemplo de humildade e união.

A minha namorada Luara, por todo carinho, afeto, presença e dedicação nos momentos mais decisivos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela a oportunidade, persistência e paciência nessa importante etapa de minha vida.

À Universidade Federal do Espírito Santo e especialmente, ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo pela concessão da bolsa de Mestrado que foi de suma importância para realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo pelo financiamento do projeto, Edital FAPES Nº 012/2011 Universal (Número do Processo: 54695490/2011; Número do Termo de Outorga: 780/2011).

Aos meus pais, Vicente e Marilza e à minha irmã Juliana que sempre me apoiaram e me guiaram. Obrigado por acreditarem em mim e por tudo que fizeram para me proporcionar um futuro melhor. À minha namorada Luara pela paciência e cumplicidade nos momentos tristes e decisivos, e pela alegria e amor nos momentos felizes e de descontração.

À toda minha família pelo exemplo de perseverança, educação e humildade que me ensinaram a ter caráter, honestidade e retidão.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira, pela paciência e confiança, pelas oportunidades oferecidas e pela contribuição em minha vida profissional.

Aos meus amigos de infância, por todos os momentos e alegrias compartilhadas. A todas as amizades conquistadas em Jerônimo Monteiro pelos momentos de companheirismo.

Em especial gostaria de agradecer a todos que participaram do Projeto Cafundó. Agradeço ao Diêgo, Rafael, Raquel, Mariza, Yanítssa, Ugo, Kallil e Daniel. E aos amigos de laboratório João Paulo, Júlia, Eduardo, Roberto Rorras, Monique e Andressa. E finalmente, agradeço a todos que me ajudaram de forma direta ou indireta para o meu desenvolvimento social e profissional. Muito obrigado a todos!

RESUMO GERAL

DELARMELENA, William Macedo. **Fertilidade, estoque de carbono orgânico do solo e serapilheira em uma Floresta Estacional Semidecidual Submontana**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Coorientadores: Prof. Dr. Sustanis Horn Kunz; Prof. Dr. Elzimar de Oliveira Gonçalves.

Por meio da produção de serapilheira se tem o processo de ciclagem de nutrientes, que possui grande relevância ecológica, pois realiza uma ligação entre os ciclos de produção e decomposição da matéria orgânica, que culmina na principal via de retorno dos nutrientes e da matéria orgânica para o solo. Este estudo teve como objetivos caracterizar a fertilidade do solo, quantificar a produção e o acúmulo de serapilheira, bem como a quantidade de nutrientes no solo em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. O estudo foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Cafundó, localizada em Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo. Para a amostragem do solo e da serapilheira depositada e acumulada foram utilizadas doze parcelas de área fixa (20 x 50 m) demarcadas de forma sistemática no interior da floresta. Para o estudo dos atributos químicos e físicos do solo, bem como do estoque de carbono orgânico do solo procedeu-se a coleta de solo em quatro camadas distintas: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. Para a amostragem da serapilheira, mensalmente em cada parcela, foram coletadas cinco amostras desse material depositado e doze amostras, de forma aleatória, de serapilheira acumulada. A serapilheira depositada foi separada nas frações folhas/miscelâneas e galhos. Foram determinadas as concentrações de nutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada e acumulada. Foi calculada a eficiência de uso de nutrientes e a taxa de decomposição da serapilheira do fragmento estudado. O solo do fragmento em estudo possui caráter pouco ácido com média fertilidade. As camadas superficiais do solo (0-5 e 5-10 cm) concentraram maior parte dos nutrientes disponibilizados à vegetação, devido ao aporte e à decomposição da matéria orgânica depositada sobre o mesmo. Em geral, as interpretações dos componentes principais foram semelhantes para as quatro camadas de solo estudadas. A análise de agrupamento permitiu a identificação de

quatro grupos de parcelas com base nos resultados dos atributos químicos e físicos do solo. Em relação ao carbono orgânico do solo, na camada de 0-40 cm foi encontrado o estoque total médio de 62,21 Mg ha⁻¹. A serapilheira depositada contribuiu em média com 7.627,71 kg ha⁻¹ ano⁻¹, com sazonalidade marcada no final do período seco do ano (julho/2013 a setembro/2013). A ordem de eficiência na utilização dos macronutrientes e micronutrientes foram: P > S > Mg > K > N > Ca e Cu > Zn > B > Fe > Mn, respectivamente. O cálcio foi o nutriente encontrado em maiores quantidades em todas as frações da serapilheira. Os maiores acúmulos médios de serapilheira ocorreram nos meses de abril/2013 (8.264,6 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e setembro/2013 (7.011,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹), indicando padrão não sazonal no acúmulo de serapilheira. Para o fragmento estudado o valor estimado da taxa de decomposição (k) foi de 1,40. A quantidade de macro e micronutrientes na serapilheira acumulada seguiu a seguinte ordem decrescente: Ca > N > Mg > K > S > P e Fe > Mn > B > Zn > Cu, respectivamente. De modo geral, o retorno de nutrientes por meio da serapilheira é uma importante via da ciclagem de nutrientes na floresta, melhorando a fertilidade do solo, pela grande quantidade e diversidade de nutrientes estocada na serapilheira acumulada.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, solos florestais, biomassa, decomposição, Floresta Atlântica.

GENERAL ABSTRACT

DELARMELINA, William Macedo. **Fertility, stock soil organic carbon and litter in a Submontane Seasonal Semideciduous Forest**. 2015. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Adviser: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira". Co-Advisers: Prof. Dr. Sustanis Horn Kunz; Prof. Dr. Elzimar de Oliveira Gonçalves.

Through the litter production has the process of nutrient cycling, which has great ecological significance, as make a connection between production cycles and decomposition of organic matter, culminating in the main return path of nutrients and organic matter to the ground. This study aimed to characterize soil fertility and estimate the production and litter accumulation, as well as the return of nutrients to the soil of Submontane Seasonal Semideciduous Forest, ES. The study was conducted in a section of forest, located in Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo. For soil and deposited and accumulated litter sampling, were used twelve plots of equal size (20 x 50 m) demarcated systematically in the forest. To study the chemical and physical properties of the soil as well as the soil stock of organic carbon proceeded the soil sampling at four distinct layers: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm and 20-40 cm. for the sampling of the litter, monthly in each plot five samples were collected of deposited material and twelve samples, randomly, of accumulated litter. The litter produced was separated into fractions leaves/miscellaneous and branches. We determined the concentrations and amounts of nutrients and organic carbon contained in the deposited and accumulated litter, plus the efficiency of nutrient use and litter decomposition rate. The soil of the fragment under study has little acid character with average fertility. The soil layers (0-5 and 5-10 cm) concentrated most of the nutrients available to vegetation due to input and decomposition of the organic material deposited thereon. In general, the interpretation of the principal components were similar for the four ground layers studied. Cluster analysis allowed the identification of four groups of plots based on the results of chemical and physical soil properties. In relation to soil organic carbon in the layer 0-40 cm was found the average total stock of 62.21 Mg ha⁻¹. The litter produced contributed an average of 7627.71 kg ha⁻¹ yr⁻¹, with seasonality marked the end of the dry season (July/2013 to September/2013). The order of the efficiency of macronutrients and micronutrients

were: P> S> Mg> K> N> Ca and Cu> Zn> B> Fe> Mn, respectively. Calcium is the nutrient found in higher levels in all fractions of the litter. The largest average litter accumulations occurred in April / 2013 (8264.6 kg ha⁻¹ yr⁻¹) and September/2013 (7011.3 kg ha⁻¹ yr⁻¹), indicating no seasonal pattern in litter accumulation . For the fragment studied the estimated value of the decomposition rate (k) was 1.40. The amount of macro and micronutrients in the accumulated litter followed the following descending order: Ca> N> Mg> K> S> P and Fe> Mn> B> Zn> Cu, respectively. In general, the return of nutrients through the litter is an important route of nutrient cycling in the forest, improving soil fertility, the high quality and diversity of stored nutrients in litter accumulated.

Keywords: Nutrient cycling, forest soils, biomass, decomposition, Atlantic Forest.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Características fitossociológicas da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES, segundo estudo realizado por Archanjo et al. (2012).	24
Tabela 1.2 - Caracterização referente à vegetação arbórea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana (ARCHANJO, 2008), além da declividade e altitude de cada parcela amostral.	26
Tabela 1.3 - Média dos dados climáticos do período de estudo (abril/13 – março/14) e da série histórica para a região da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	26
Tabela 1.4 - Medidas descritivas dos atributos químicos do solo da RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, ES.....	32
Tabela 1.5 - Medidas descritivas da densidade e da análise granulométrica do solo da RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim - ES.	33
Tabela 1.6 - Atributos químicos do solo por parcela amostral na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim - ES.	36
Tabela 1.7 - Textura e classificação do solo por parcela amostral na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim – ES.....	38
Tabela 1.8 - Autovalores, porcentagens de explicação da variância dos componentes principais e correlação entre as componentes principais (CPs) e os atributos de solo da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES. .	39
Tabela 1.9 - Estoque de carbono orgânico do solo nas camadas de 0-5, 5-10,10-20, 20-40 e 0-40 cm do solo, na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	45
Tabela 1.10 - Médias dos atributos químicos com base no agrupamento de parcelas na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES....	52
Tabela 2.1 - Aporte médio e total por parcela da serapilheira depositada em doze meses na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.	73
Tabela 2.2 - Correlação de Pearson para as frações da serapilheira ou aporte total com as variáveis climáticas temperaturas máxima, mínima e média, além da precipitação na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, ES.....	77
Tabela 2.3 - Concentrações de macronutrientes e carbono orgânico na fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.....	77
Tabela 2.4 - Concentrações de macronutrientes e carbono orgânico na fração galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES....	78
Tabela 2.5 – Concentrações de micronutrientes na fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	79
Tabela 2.6 – Concentrações de micronutrientes na fração galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	80

Tabela 2.7 - Quantidade de nutrientes e carbono orgânico na fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.....	81
Tabela 2.8 - Quantidade de macronutrientes e carbono orgânico na fração galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	83
Tabela 2.9 - Eficiência de uso dos macro e micronutrientes pelas frações folhas/miscelâneas e galhos e total depositado na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	86
Tabela 2.10 - Valores médios por parcela e a média anual de serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES. ...	87
Tabela 2.11 - Correlação de Pearson para a serapilheira acumulada com as variáveis temperaturas máxima, mínima e média, além da precipitação na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.	88
Tabela 2.12 - Constante de decomposição k, T50% e T95% da serapilheira acumulada por parcela na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.....	89
Tabela 2.13 - Concentrações mensais de macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.	90
Tabela 2.14 - Concentrações mensais de micronutrientes na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES. .	90
Tabela 2.15 - Quantidade média de macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim – ES.....	91
Tabela 2.16 - Quantidade média de micronutrientes na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.	92
Tabela 2.17 - Produção de folhas/miscelânea, galhos e total, em kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ , na serapilheira das principais formações florestais brasileiras.....	95
Tabela 2.18 - Acúmulo de serapilheira sobre o piso florestal, em kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ , das principais formações florestais brasileiras.	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Área total da RPPN Cafundó localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, ES.....	22
Figura 1.2 - Mapa de localização das parcelas amostrais na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.....	25
Figura 1.3 - Perfil da precipitação (mm) e da temperatura (°C) histórica e do período de estudo na região da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.....	27
Figura 1.4 - A, B, C, D. Projeções dos atributos de solo da Floresta Estacional Semidecidual Submontana no plano principal entre as Componentes Principais (CPs) 1 e 2, para as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40, respectivamente.	41
Figura 1.5 - A, B, C e D. Projeção das parcelas (P1 a P12) da Floresta Estacional Semidecidual Submontana no plano principal entre as Componentes Principais 1 e 2, para as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40, respectivamente.	42
Figura 1.6 - A, B, C e D. Dendrograma de agrupamento das parcelas e grupos formados (I, II, III e IV) da Floresta Estacional Semidecidual Submontana pelas variáveis químicas de solo, para as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40, respectivamente.	43
Figura 2.1- Coletor de serapilheira depositada confeccionado em estrutura de pvc com tela de nylon. (A) montagem do coletor; (B) imagem superior, (C) amostra de serapilheira depositada e (D) coleta de serapilheira depositada.	68
Figura 2. 2 - (A) Gabarito para coleta de serapilheira acumulada e (B, C, D) coleta da serapilheira acumulada.	69
Figura 2.3 – Média da deposição total mensal na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	74
Figura 2.4 - Relação mensal de deposição entre a fração galhos e a fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.....	75
Figura 2.5 - Deposição mensal da fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.....	75
Figura 2.6 - Deposição mensal da fração galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	76
Figura 2.7 - Quantidade de macronutrientes e carbono orgânico total nas frações folhas/miscelânea e galhos aportados por ano na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.	84
Figura 2.8 - Quantidade de micronutrientes e carbono orgânico total nas frações folhas/miscelânea e galhos aportados por ano na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.....	85
Figura 2.9 - Variação Temporal no acúmulo de serapilheira Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.....	88

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	15
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO I - ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO EM UM FRAGMENTO FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMONTANA	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA RPPN CAFUNDÓ.....	22
2.1.1 Localização da RPPN Cafundó.....	22
2.1.2 Caracterização da vegetação e das parcelas estudadas.....	23
2.1.3 Caracterização edafoclimática da região de estudo.....	26
2.2 ESTUDO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ.....	28
2.3 ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ.....	29
2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS.....	29
3. RESULTADOS	31
3.1 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ.....	31
3.2 ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ.....	44
4. DISCUSSÃO	46
4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ.....	46
4.2 ESTOQUE DE CARBONO DA RPPN CAFUNDÓ.....	53
5. CONCLUSÕES	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
CAPÍTULO II - PRODUÇÃO, ACÚMULO E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMONTANA	62
RESUMO	63
1. INTRODUÇÃO	66
2. MATERIAL E MÉTODOS	67
2.1 SERAPILHEIRA DEPOSITADA.....	67
2.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	69
2.3 ESTUDO DA DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA.....	70
2.4 QUANTIDADE DE NUTRIENTES E CARBONO ORGÂNICO DO MATERIAL VEGETAL.....	70
2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS.....	71
3. RESULTADOS	73
3.1 SERAPILHEIRA DEPOSITADA.....	73
3.1.1 Produção e composição de serapilheira na RPPN Cafundó.....	73
3.1.2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico da serapilheira depositada.....	77
3.1.3 Quantidade de nutrientes e carbono orgânico do material vegetal.....	80
3.1.4 Eficiência no uso de nutrientes.....	85
3.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	87
3.2.1 Acúmulo e decomposição da serapilheira na RPPN Cafundó.....	87

3.2.2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico da serapilheira acumulada	89
3.2.3 Quantidade de nutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada	91
4. DISCUSSÃO	93
4.1 SERAPILHEIRA DEPOSITADA.....	93
4.1.1 Produção e composição de serapilheira depositada na RPPN Cafundó	93
4.1.2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico da serapilheira depositada	100
4.1.3 Quantidade de nutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada	102
4.1.4 Eficiência no uso de nutrientes	104
4.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA	105
4.2.1 Acúmulo e decomposição da serapilheira na RPPN Cafundó	105
4.2.2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico da serapilheira acumulada	109
4.2.3 Quantidade de nutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada	110
5. CONCLUSÕES	112
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS	123

1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento desordenado dos centros urbanos aliado à expansão da fronteira agropecuária ocasionou na destruição da vegetação nativa na região da Floresta Atlântica, acarretando em sua fragmentação. O estado do Espírito Santo possuía mais de 90% do seu território coberto pela Floresta Atlântica, sendo o restante ocupado por ecossistemas associados (CÂMARA, 2005). Os sucessivos ciclos de exploração econômica reduziram a floresta, alterando-a para um conjunto de fragmentos isolados.

Os remanescentes protegidos de Floresta Atlântica são de elevada importância pelo fato de fornecerem informações a respeito dos impactos das atividades antrópicas sobre os ecossistemas florestais. Com isso, o monitoramento da serapilheira é um importante mecanismo de avaliação da produtividade florestal e, quando associado a outros dados ecológicos como a fertilidade do solo, permite avaliar a resposta da floresta às perturbações externas (OLIVEIRA; LACERDA, 1999). A serapilheira possui importância na manutenção da fertilidade e dos níveis de nutrientes no solo, uma vez que a mesma assume o papel de estoque de nutrientes para o sistema florestal.

Por meio da produção de serapilheira se tem o processo de ciclagem de nutrientes, que possui grande relevância ecológica, pois realiza uma ligação entre os ciclos de produção e decomposição da matéria orgânica, que culmina na principal via de retorno dos nutrientes e de resíduos orgânicos para o solo, estabelecendo um ciclo essencial para o aporte da fertilidade dos ecossistemas florestais. O conhecimento de uma estratégia de ciclagem de nutrientes é crucial nos programas de recuperação da floresta. Isto é especialmente importante, tendo em vista o objetivo de aumentar a área de preservação de ecossistemas naturais (MARTINS, 2010). Além disso, as caracterizações físico-químicas do solo também se apresentam como indicador funcional das áreas naturais, pois participa e é influenciado diretamente pelo processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica, que em florestas ocorre sobre o solo (GREEN et al., 1993).

Segundo Alves (2006) uma alternativa para verificar a ciclagem de nutrientes em florestas é por meio da separação da biomassa e da quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, ou seja, por meio da

produção de serapilheira, sua decomposição e lixiviação. Assim, a análise qualitativa e quantitativa do material orgânico da serapilheira, bem como sua taxa de decomposição é importante para a compreensão dos ecossistemas, pois são fatores importantes para a manutenção da fertilidade do solo e conseqüentemente para a sustentação dos ecossistemas em solos tropicais.

Outro aspecto deste estudo é o fato de que a caracterização dos ecossistemas é fundamental para orientar as ações de restauração ecológica. Com base no ecossistema de referência é que se podem definir alguns atributos necessários para que determinada área seja considerada como restaurada (SERI, 2004).

Neste contexto, esforços que buscam mensurar a serapilheira proporcionam importante incremento de informações acerca do processo de ciclagem de nutrientes. Na região sudeste do Brasil, estudos envolvendo a dinâmica da serapilheira em áreas de Floresta Atlântica indicam valores de produção de serapilheira de $9.400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (CALDEIRA et al., 2013), $9.800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $11.500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (ABREU et al., 2010).

Entretanto, a realização de um número reduzido de pesquisas em ambientes naturais culmina na perda de informações que poderiam ser utilizadas no subsídio de técnicas para reverter à situação de degradação e fragmentação, sobretudo na Floresta Atlântica, como na região sul do estado do Espírito Santo. Torna-se então de fundamental importância a realização de estudos sobre a dinâmica das florestas nesta região, a fim de prover a manutenção, recuperação e preservação de ambientes naturais.

Assim, a questão principal que norteou o presente estudo foi como o padrão de produção e acúmulo de serapilheira, bem como a fertilidade do solo se comportam, qualitativa e quantitativamente, de acordo com a heterogeneidade temporal e espacial.

Para isso, o presente estudo foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro com o objetivo de caracterizar os atributos físico-químicos do solo e quantificar o estoque de carbono orgânico do solo sob um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana. No segundo capítulo foi avaliada a serapilheira acumulada e depositada e nutrientes da serapilheira em doze meses, e sua possível correlação com os fatores climáticos para a região.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. R. S. P.; OLIVEIRA, R. R.; MONTEZUMA, R. C. M. Dinâmica da serapilheira em um trecho de floresta atlântica secundária em área urbana do Rio de Janeiro. **Pesquisas, Botânica**. v.1, n.61, p. 79-291, 2010.

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

CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, R. D.; KUNZ, S. H.; ZORZANELLI, J. P. F.; CASTRO, K. C.; GODINHO, T. O. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**. v.4, n.2, p. 111-119, 2013.

CÂMARA, I. G. Breve história da conservação da Mata Atlântica. In: GALINDO LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (Eds.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata atlântica & Conservação Internacional, 2005. p.31-42.

GREEN, R. N; TROWBRIDGE, R. L. e KLINKA, K. Towards a taxonomic classification of húmus forms. **For. Sci. Monogr.**, 29:1-48, 1993.

MARTINS, S. C. **Caracterização dos solos e serapilheira ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica, estado de São Paulo**. 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, R. R.; LACERDA, L. D. Produção de serapilheira em estágios sucessionais de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.1, p.93-99. 1999.

SERI - Society for Ecological Restoration International e Policy Working Group. **The SER International Primer on Ecological Restoration**. www.ser.org e Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004.

CAPÍTULO I

ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMONTANA

Atributos físicos, químicos e carbono orgânico do solo em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar os atributos físicos e químicos do solo, além de quantificar o estoque de carbono orgânico do solo de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. Para o estudo dos atributos físicos e químicos do solo procedeu-se a coleta em quatro camadas distintas de solo: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm em doze parcelas amostrais. Para a obtenção de amostras representativas, foram retiradas três amostras compostas por parcela em cada camada. As amostras foram encaminhadas para análise física e química de rotina e carbono orgânico. As análises físicas consistiram na determinação da densidade e textura. Foi calculado o estoque de carbono para as camadas do solo estudadas. Para verificar os atributos do solo mais significativos na variação dos dados, utilizou-se a técnica de ordenação por análise de componentes principais (ACP) e para agrupar as parcelas mais semelhantes foi realizada a análise de agrupamentos (AA). O estoque de carbono foi comparado entre as parcelas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. A análise dos atributos do solo permite concluir que o solo da Floresta Estacional Semidecidual Submontana em estudo possui caráter pouco ácido de média fertilidade e com textura arenosa. Além disso, as camadas de 0-5 e 5-10 cm concentraram maior parte dos nutrientes disponibilizados à vegetação, devido ao aporte e decomposição da matéria orgânica depositada sobre o solo. As maiores concentrações de matéria orgânica avaliadas do solo na parcela P3 ocasionaram maiores estoques de carbono nessa parcela em todas as camadas de solo estudadas. Nota-se a melhoria da fertilidade do solo com o aumento da concentração de matéria orgânica no solo, auxiliando no entendimento das diferenças e similaridades dos ambientes pedológicos separados no campo, sendo identificados quatro grupos de parcelas com base nas variações dos atributos químicos e físicos encontrados na Floresta Estacional Semidecidual Submontana.

Palavras-chave: Fertilidade do solo; matéria orgânica; mata nativa.

Physical, chemical attributes and soil organic carbon in a fragment of Submontane Seasonal Semideciduous Forest

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the physical and chemical soil properties of the sample plot and to quantify the soil stock of organic carbon in the forest. To study the physical and chemical soil proceeded to the collection in four different soil layers: 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm in twelve sample plots. To obtain representative samples, three composite samples were taken per plot in each layer. After collecting the samples were sent for routine chemical analysis and organic carbon. The physical analysis consisted in density, coarse sand, fine sand, silt and clay. Was calculated the carbon stock in soil in each layers studied. To check the most significant soil properties on the variation of the data, we used the technique of sorting by principal component analysis (ACP) and to group the most similar plots was carried out cluster analysis (AA). The carbon stock was compared between plots by non-parametric Kruskal-Wallis. The analysis of soil attributes shows that the soil of Submontane Seasonal Semideciduous Forest assumes a bit acid, with average fertility and sandy texture. In addition, the 0-5 and 5-10 cm concentrated most of the nutrients available to vegetation due to intake and decomposition of organic matter on the soil. The highest concentrations of organic matter evaluated soil on plot P3, led to higher carbon stocks in this segment in all soil layers studied. With the use of principal component analysis, there is the improvement of soil fertility with increasing concentration of organic matter in the soil, helping to understand the differences and similarities of the pedologic environment in the field and identified four groups of parcels based on changes in chemical and physical attributes found in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest.

Keywords: Soil fertility; organic matter; native forest.

1. INTRODUÇÃO

A interação solo-planta, denominada de ciclo biogeoquímico, ocorre com o fornecimento dos nutrientes ao solo pelas plantas. A dinâmica e a quantidade da contribuição de nutrientes pela ciclagem biogeoquímica variam entre os ecossistemas florestais (GAMA-RODRIGUES et al., 2007), sendo que as diferentes características de produção de serapilheira, decomposição e ciclagem de nutrientes conferem aos solos sob ecossistemas florestais um caráter particular.

Nos ecossistemas florestais a devolução de nutrientes e carbono orgânico para o solo é feita, principalmente pela queda de serapilheira. Por isso, a fertilidade do solo em ambientes naturais depende da transferência dos nutrientes da serapilheira para o solo, sendo que a cobertura vegetal e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, estão diretamente relacionados com a manutenção da fertilidade do solo e a produtividade vegetal.

A fertilidade do solo é extremamente complexa em solos sob condições tropicais (OSTERTAG, 2001). Segundo Rodrigues et al. (2010), a matéria orgânica do solo é importante para a manutenção da fertilidade, e para o aumento do estoque de carbono orgânico do solo, resultando na preservação da natureza.

Nesse contexto, a avaliação dos atributos físicos e químicos do solo e do estoque de carbono orgânico em ambientes naturais é de extrema importância devido à sua sensibilidade destes atributos na qualidade do solo, uma vez que pode fornecer subsídios para o estabelecimento de sistemas de manejo e contribuir para a manutenção de ecossistemas sustentáveis (CARNEIRO et al., 2009).

Segundo Doran e Parkin (1994), a qualidade desses atributos propicia condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo, sendo que a variação da fertilidade pode influenciar a cobertura florestal e conseqüentemente as características da ciclagem de nutrientes.

Com isso, o objetivo deste capítulo foi caracterizar os atributos físicos e químicos do solo, além de quantificar o estoque de carbono orgânico do solo sob um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontanal, ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA RPPN CAFUNDÓ

2.1.1 Localização da RPPN Cafundó

Historicamente, a RPPN Cafundó sofreu perturbações antrópicas tais como a caça, a extração de palmito e o corte seletivo de madeira, entretanto em função do difícil acesso e a proteção dos proprietários, o estudo de Archanjo et al. (2012) constatou um baixo grau de perturbação da área.

A Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Cafundó, localiza-se na fazenda Boa Esperança em Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo (Figura 1.1). Está situada a 20 km da sede do município, próximo ao distrito de Pacotuba (Latitude 20°43' S – Longitude 41°13' W). A mesma possui quatro fragmentos de mata nativa que totalizam 517 hectares de área. Os fragmentos têm sido preservados desde a década de 40 por seus proprietários.

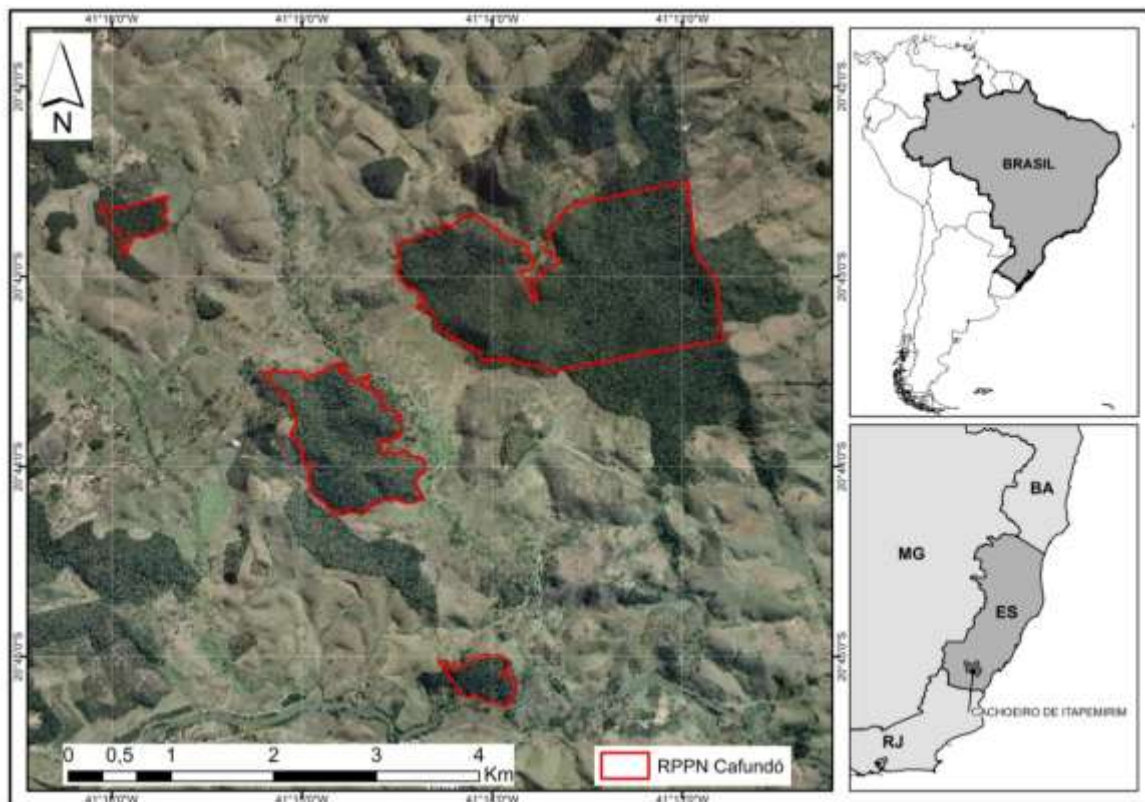


Figura 1.1 - Área total da RPPN Cafundó localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Essa área corresponde ao segundo maior remanescente florestal na bacia do rio Itapemirim (INSTITUTO DE PESQUISAS DA MATA ATLÂNTICA, 2005), tendo sido consolidada como RPPN em 1998. Nas áreas circunvizinhas da RPPN Cafundó há o predomínio de áreas de pastagem, além de alguns fragmentos florestais isolados. O entorno da reserva possui pouca área urbana, evidenciando que a intervenção antrópica ao redor da unidade se dá principalmente por atividades pecuárias e demais culturas agrícolas de ciclo curto e perene (CARNEIRO; BERNINE; SILVA, 2013).

2.1.2 Caracterização da vegetação e das parcelas estudadas

A RPPN Cafundó é um importante remanescente florestal conservado do estado do Espírito Santo. A vegetação da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 2012).

Segundo estudo da estrutura do componente arbóreo realizado por Archanjo et al. (2012) foram amostrados 4557 indivíduos, distribuídos em 258 espécies, 152 gêneros e 54 famílias. As famílias que se destacaram em número de espécies foram Fabaceae (44 espécies) e Myrtaceae (27). A densidade total de indivíduos com diâmetro na altura do peito (DAP) superior a 5 cm foi de 1823 indivíduos/ha (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 - Características fitossociológicas da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES, segundo estudo realizado por Archanjo et al. (2012).

RPPN Cafundó	
Densidade de indivíduos (ind ha ⁻¹) *	1823
Número de espécies	258
Número de famílias	54
Espécies com maior valor de importância	<i>Astronium concinnum</i> Schott <i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) G.P.Lewis & M.P.Lima <i>Neoraputia alba</i> (Nees & Mart.) Emmerich ex Kallunki <i>Astronium graveolens</i> Jacq. <i>Gallesia integrifolia</i> Harms
Famílias dominantes	Fabaceae (44 espécies) Myrtaceae (27) Euphorbiaceae (14) Sapotaceae (13) Rubiaceae (12)
Pioneira (%) **	0,2
Secundária Inicial (%)	26,5
Secundária Tardia (%)	58,1
Não caracterizado (%)	15,2
Índice de diversidade (H')	4,13
Equabilidade (J)	0,74

*DAP ≥ 5 cm, ** Proporção de indivíduos por categoria sucessional

Segundo Archanjo et al. (2012) há inexistência de um pequeno grupo de espécies com forte concentração de abundância, fato que pode ser explicado pelo elevado índice de diversidade (H') encontrado na RPPN Cafundó (4,13) e pelo valor de equabilidade (0,74), indicando que a heterogeneidade florística do componente arbóreo é relativamente alta. No mesmo estudo foi demonstrada elevada riqueza de espécies secundárias tardias e baixa densidade dos grupos iniciais de sucessão, o que indica condições avançadas de sucessão do fragmento estudado.

Neste trabalho, foi escolhido o maior fragmento da RPPN Cafundó e que possui melhor estado de conservação, com aproximadamente 358 ha para a realização do presente estudo. Foram utilizadas doze parcelas demarcadas para o estudo florístico e fitossociológico referentes à vegetação arbórea (ARCHANJO et al., 2012) no qual adotou-se o método de parcelas de área fixa de 20 m x 50 m, distribuídas de maneira sistemática no campo (Figura 1.2).

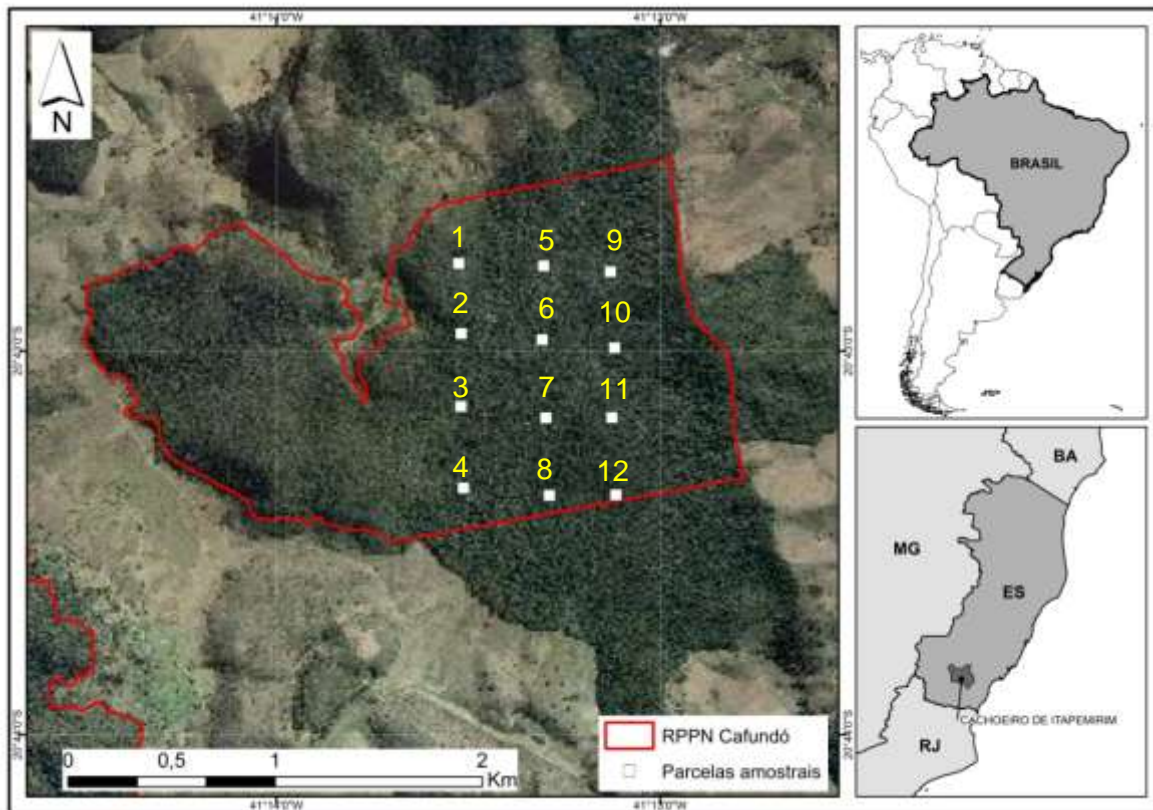


Figura 1.2 - Mapa de localização das parcelas amostrais na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

O relevo da RPPN Cafundó caracteriza-se por possuir grandes áreas planas com suaves elevações e afloramentos rochosos em pontos distintos (IBGE, 1987). As cotas de altitude das parcelas amostradas variam de 91 a 160 metros. As declividades das parcelas foram avaliadas com um clinômetro e variaram entre 1 e 25% (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 - Caracterização referente à vegetação arbórea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana (ARCHANJO, 2008), além da declividade e altitude de cada parcela amostral.

Parcela	Densidade (ind ha ⁻¹)	Dominância (m ² ha ⁻¹)	Riqueza (nº espécies)	Declividade (%)	Altitude (m)	Gradiente topográfico
P1	1400	23,55	27	1,0	160	Topo de morro
P2	2100	47,98	64	10,0	101	Baixada
P3	1770	56,08	25	3,0	103	Baixada
P4	1580	30,16	63	1,0	95	Baixada
P5	1520	47,58	54	1,0	110	Baixada
P6	1620	40,05	51	7,0	99	Baixada
P7	2190	25,56	57	1,0	95	Baixada
P8	1730	35,10	50	3,5	91	Baixada
P9	1550	26,27	37	15,0	143	Encosta
P10	1770	28,96	64	4,0	108	Baixada
P11	1700	25,93	30	9,0	125	Topo de morro
P12	1700	23,24	47	25,0	94	Encosta

2.1.3 Caracterização edafoclimática da região de estudo

De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região de estudo é do tipo Aw, com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média das mínimas do mês mais frio é de 11,8°C, e a média das máximas do mês mais quente é de 34°C (PEZZOPANE et al., 2012). O índice médio pluviométrico anual é de 1293 mm (INCAPER, 2014) (Tabela 1.3).

Os dados de precipitação e temperatura média do ar para o período de realização do estudo foram obtidos na Estação Meteorológica Jerônimo Monteiro, ES, (SINDA, 2014), localizada a aproximadamente a 6 km da RPPN Cafundó.

Tabela 1.3 - Média dos dados climáticos do período de estudo (abril/13 – março/14) e da série histórica para a região da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

		Período de coleta	Série histórica*
Temperatura (°C)	Mínima	19,10	18,87
	Média	23,81	24,37
	Máxima	30,19	29,87
Precipitação (mm)	Anual	1213,00	1293,00

*Série histórica do período de 1976 – 2013.

Durante o período de coleta de dados, de abril de 2013 a março de 2014, ocorreu variação mensal da precipitação (Figura 1.3) e variação sazonal da temperatura muito similar à variação da média histórica da temperatura.

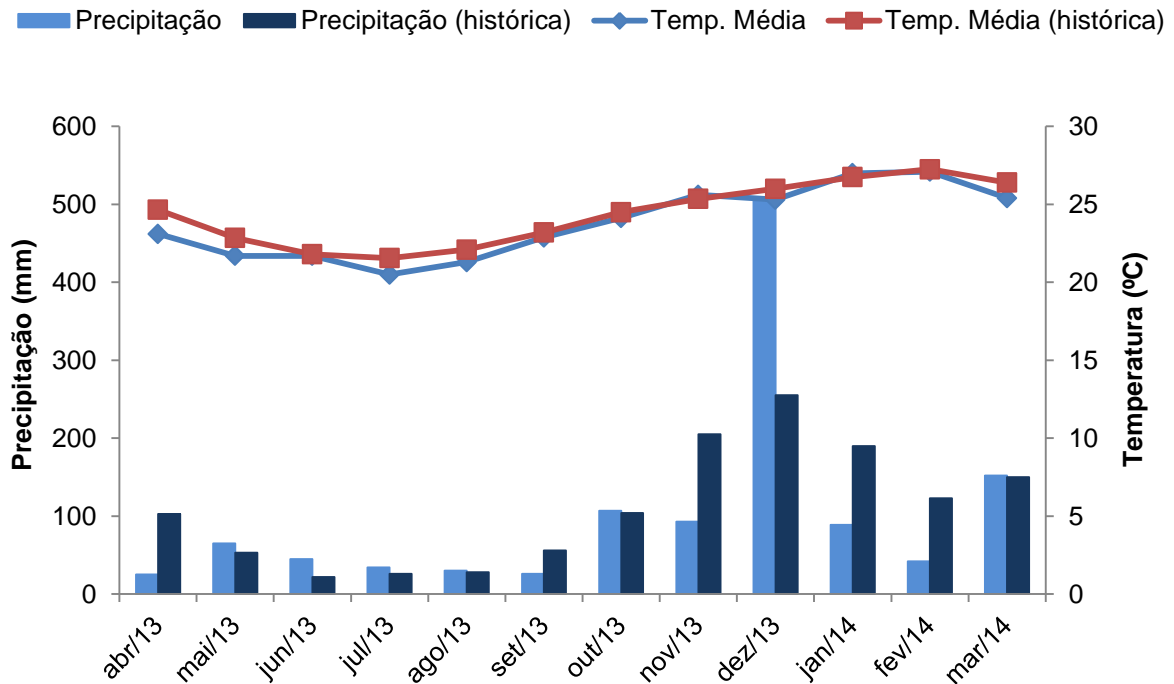


Figura 1.3 - Perfil da precipitação (mm) e da temperatura (°C) histórica e do período de estudo na região da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

O local de estudo apresenta sazonalidade climática bem definida, com estações de baixa e alta pluviosidade. A estação seca ocorre entre os meses de abril e setembro e os períodos de maior índice pluviométrico são de outubro a março.

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2013). O material de origem é do tipo granito-gnáissico de origem pré-cambriana (IBGE, 1987).

Em relação à hidrografia, a área está localizada à margem esquerda do Rio Itapemirim, com destaque para o ribeirão Estrela do Norte que corta a Fazenda Boa Esperança, sendo este um importante afluente do rio Itapemirim (BERGHER, 2008).

2.2 ESTUDO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ

Para o estudo dos atributos físicos e químicos do solo procedeu-se a coleta em quatro camadas distintas: de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm nas doze parcelas amostrais, em abril de 2014. Para a obtenção de amostras representativas, foram coletadas cinco sub-amostras de forma aleatória em cada parcela, que posteriormente foram homogeneizadas e retiradas três amostras compostas por parcela, totalizado 36 amostras por camada estudada.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e após o procedimento para a obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), as análises químicas de rotina foram realizadas seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Foram realizadas as seguintes avaliações dos atributos químicos: pH em água com relação de 1:2,5; fósforo e potássio foram extraídos com solução de Mehlich1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$; $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$); cálcio, magnésio e alumínio pelo extrator KCl 1 mol L^{-1} e o Al^{3+} determinação volumétrica com solução diluída de NaOH ($0,025 \text{ mol L}^{-1}$). A acidez potencial foi obtida por meio de extrato de acetato de cálcio $0,5 \text{ mol/L}$ a pH 7,0. O carbono orgânico foi obtido pelo método de titulação após oxirredução por via úmida (Walkley-Black).

A partir dos resultados obtidos calculou-se a matéria orgânica, a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), a saturação em bases (V%) e saturação de alumínio (m%).

A densidade do solo foi determinada por meio das amostras deformadas com base no método da proveta (EMBRAPA, 1997). Além disso, foram avaliadas a porcentagem de areia grossa, areia fina, silte e argila de todas as amostras coletadas.

2.3 ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ

O estoque de carbono (Mg ha^{-1}) foi calculado para as camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm e também para a camada total de solo amostrada de 0-40 cm por meio da soma das quatro camadas amostradas, para cada parcela estudada.

A matéria orgânica, resultante da análise das amostras pelo método de Walkley e Black adaptado por Raij (2001), foi dividida pelo fator de 1,724 para obtenção do valor de carbono orgânico. Este fator é utilizado para a conversão da matéria orgânica em carbono orgânico baseado na premissa de que a matéria orgânica possui 58% de carbono orgânico em uma amostra (MACHADO et al., 2003). O cálculo do estoque de carbono foi realizado pela equação 1.1:

$$\text{EstC} = \text{C}_{\text{org}} * \text{Ds} * \frac{e}{10} \quad (1.1)$$

Em que:

Est_{C} = Estoque de carbono orgânico do solo na camada (Mg ha^{-1});

C_{org} = Carbono orgânico total (g kg^{-1}) da camada;

Ds = Densidade do solo da camada (g cm^{-3}); e

e = Espessura da camada (cm).

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS

Primeiramente os dados dos atributos de solo foram organizados e resumidos por meio de uma análise descritiva de dados, visando conhecer melhor as características da área amostrada. Posteriormente, para identificar os atributos químicos e físicos de solo mais significativos na variação dos dados, utilizou-se a técnica de ordenação análise de componentes principais (ACP), por meio dos

componentes principais (MINGOTI, 2007). A pressuposição da normalidade da distribuição dos dados não é requisito necessário para o uso dessa técnica.

Cada atributo tem um escore para cada componente que em conjunto são conhecidos como os escores dos componentes. Para cada componente toda variável tem um escore correspondente e quanto mais próximo de 1 ou -1 mais importante é a variável no componente (KENT; COKER, 1992).

Para aplicar a ACP, os atributos do solo foram padronizados pelas suas respectivas médias e desvios padrões, gerando-se novas variáveis centradas em zero e com variâncias iguais a 1 (GOTELLI; ELLISON, 2011).

Após a seleção dos atributos mais representativos em relação à variância total na ACP, uma análise de agrupamento foi realizada a fim de obter grupos de parcelas mais semelhantes quanto aos atributos químicos e físicos. A análise de agrupamento tem como objetivo dividir os elementos da amostra, ou população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si em relação às variáveis que neles foram medidas, e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas variáveis (MINGOTI, 2007). Foi utilizado o método de agrupamento hierárquico aglomerativo, cujo dendrograma foi obtido utilizando como medida de dissimilaridade a distância euclidiana e como método de ligação o método de Ward, que não pressupõe normalidade dos dados.

Em relação à análise estatística do estoque de carbono orgânico do solo a comparação entre os valores médios referentes às doze parcelas foi realizada pelo teste não paramétrico de comparações múltiplas de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade, com o uso do programa R (R Core Team, 2014).

3. RESULTADOS

3.1 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ

O solo das parcelas (Tabela 1.4), em geral, não possui acidez elevada ($\text{pH} > 4,6$), possuem baixa saturação de alumínio ($m < 37,77\%$) e é representado por solos eutróficos ($V > 50\%$).

Observou-se a redução nas concentrações dos atributos químicos analisados com o avanço da profundidade de coleta, excetuando-se o alumínio e a saturação de alumínio (Tabela 1.4).

A concentração média de fósforo no solo da Floresta Estacional Semidecidual, considerando todas as camadas de solo coletadas, obteve valores médios entre 4,89 a 8,06 mg dm^{-3} , sendo encontrados valores superiores nas camadas superficiais do solo (Tabela 1.4).

Em geral, a textura dos solos da RPPN Cafundó é arenosa e com densidade do solo variando entre 1,10 e 1,21 kg dm^{-3} , sendo mais argilosa e com maior densidade com a elevação da profundidade de coleta (Tabela 1.5).

Tabela 1.4 - Medidas descritivas dos atributos químicos do solo da RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Estatística	Camada	pH (H ₂ O)	P		K		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al		SB	t	T	V	m	MO	P _{-rem}
			mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³
Média	0-5	6,09	8,06	84,70	5,95	1,50	0,03	2,95	7,67	7,70	10,62	71,41	0,85	5,29	48,32			
	5-10	5,95	6,24	64,11	4,45	1,18	0,05	2,90	5,79	5,84	8,70	65,24	1,59	3,47	45,82			
	10-20	5,94	7,33	55,00	3,56	0,97	0,07	2,67	4,66	4,73	7,33	62,87	2,71	2,41	43,95			
	20-40	5,92	4,89	42,47	2,49	0,93	0,10	2,58	3,53	3,63	6,11	57,49	3,99	1,36	41,93			
Mínimo	0-5	4,88	1,87	36,67	2,22	0,77	0,00	1,70	3,13	3,49	8,59	30,50	0,00	3,32	38,07			
	5-10	4,73	1,73	26,67	1,60	0,55	0,00	1,77	2,31	2,83	6,68	26,53	0,00	1,96	35,63			
	10-20	4,56	1,17	22,67	1,33	0,49	0,00	1,33	1,92	2,63	5,57	23,87	0,00	1,64	31,33			
	20-40	4,60	0,80	11,33	0,96	0,28	0,00	1,23	1,45	2,19	3,52	20,00	0,00	0,56	27,87			
Máximo	0-5	6,46	29,30	137,67	13,80	3,24	0,36	7,13	17,39	17,39	20,79	83,60	10,20	13,35	56,90			
	5-10	6,51	22,07	121,67	11,04	2,88	0,52	6,40	14,23	14,23	17,50	81,27	18,23	9,30	52,87			
	10-20	6,61	33,83	136,33	8,07	2,43	0,71	6,13	10,85	10,85	13,75	79,07	27,10	5,38	51,17			
	20-40	6,93	17,03	135,67	6,55	2,28	0,88	5,87	9,19	9,19	13,05	70,43	37,77	2,84	48,73			
Mediana	0-5	6,20	6,43	80,00	5,74	1,42	0,00	2,62	7,17	7,17	9,90	76,48	0,00	4,72	48,77			
	5-10	6,10	3,52	61,33	3,94	1,10	0,00	2,42	4,92	4,92	7,87	69,13	0,00	2,83	45,75			
	10-20	6,03	2,93	52,67	3,21	0,84	0,00	2,33	4,37	4,37	6,53	68,95	0,00	1,85	46,07			
	20-40	6,16	2,88	36,17	1,93	0,81	0,00	2,10	2,73	2,79	5,79	63,73	0,00	1,00	45,45			
S ¹	0-5	0,44	7,59	30,41	2,70	0,65	0,10	1,50	3,34	3,29	3,26	14,55	2,94	2,67	5,29			
	5-10	0,48	6,43	27,12	2,31	0,62	0,15	1,28	2,94	2,88	2,87	15,15	5,25	1,95	5,38			
	10-20	0,58	9,97	28,21	1,72	0,52	0,20	1,32	2,25	2,17	2,24	16,49	7,84	1,09	6,28			
	20-40	0,67	4,97	31,07	1,43	0,54	0,25	1,32	2,02	1,94	2,45	15,56	10,82	0,78	7,11			
CV ² (%)	0-5	7,19	94,22	35,91	45,30	43,29	346,41	50,77	43,50	42,77	30,73	20,37	346,41	50,51	10,95			
	5-10	8,07	103,17	42,30	51,82	52,44	326,34	44,03	50,72	49,39	32,95	23,22	329,03	56,34	11,73			
	10-20	9,85	136,10	51,29	48,45	54,04	292,83	49,35	48,30	45,86	30,57	26,24	289,59	45,27	14,28			
	20-40	11,38	101,73	73,15	57,65	57,70	265,52	51,28	57,17	53,47	40,10	27,06	271,29	57,39	16,95			
Assimetria	0-5	-2,11	2,29	0,52	2,37	1,77	3,46	2,20	2,39	2,51	3,23	-2,30	3,46	2,89	-0,44			
	5-10	-1,59	1,90	0,66	2,28	2,08	3,44	2,06	2,36	2,51	3,08	-1,63	3,45	2,81	-0,28			
	10-20	-1,33	2,18	2,37	1,61	2,22	3,28	1,84	1,98	2,24	2,42	-1,37	3,25	2,11	-0,96			
	20-40	-0,83	1,61	2,79	2,28	1,42	3,24	1,53	2,21	2,44	2,24	-1,43	3,28	0,88	-0,93			
Curtose	0-5	5,33	5,87	-0,25	7,89	4,52	12,00	5,84	7,85	8,20	10,87	6,05	12,00	9,21	0,00			
	5-10	3,19	2,85	0,45	6,85	5,52	11,90	5,03	7,02	7,48	10,08	3,18	11,92	8,62	-0,49			
	10-20	1,66	4,41	7,21	4,11	5,99	10,96	3,99	5,45	6,22	6,80	1,55	10,79	4,89	-0,05			
	20-40	0,15	2,32	8,93	6,40	2,77	10,78	2,52	5,98	6,83	6,45	1,79	11,00	-0,80	-0,49			

¹S= Desvio padrão; ²CV= Coeficiente de variação. Em que: P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; SB = soma de bases; t = capacidade de troca de cátions efetiva = T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V% = percentagem de saturação por bases; m = percentagem de saturação por alumínio; MO = matéria orgânica; P_{-rem} = fósforo remanescente.

Tabela 1.5 - Medidas descritivas da densidade e da análise granulométrica do solo da RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Estatística	Camada	Densidade kg dm ⁻³	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
			g kg ⁻¹			
Média	0-5	1,10	521,78	159,86	66,44	251,81
	5-10	1,15	489,86	182,69	67,75	259,75
	10-20	1,18	481,51	185,58	64,78	268,17
	20-40	1,21	453,44	188,11	64,56	294,14
Mínimo	0-5	0,88	100,33	82,00	16,00	121,67
	5-10	0,97	97,00	71,67	9,33	119,67
	10-20	1,07	128,50	75,00	27,00	109,33
	20-40	1,08	118,67	66,67	13,00	112,00
Máximo	0-5	1,28	691,33	204,67	182,00	635,33
	5-10	1,28	673,67	263,33	193,33	638,00
	10-20	1,30	692,33	274,33	151,00	645,00
	20-40	1,33	664,00	275,33	147,67	668,00
Mediana	0-5	1,09	596,67	160,83	57,33	170,67
	5-10	1,18	541,33	176,17	56,17	165,33
	10-20	1,18	541,17	180,17	59,17	169,33
	20-40	1,23	517,83	191,83	58,33	184,67
S ¹	0-5	0,12	171,75	38,98	44,43	166,62
	5-10	0,10	162,09	59,57	49,27	177,05
	10-20	0,08	162,93	62,58	38,78	190,16
	20-40	0,09	165,72	67,01	38,20	208,97
CV ² (%)	0-5	10,60	32,92	24,38	66,87	66,17
	5-10	8,46	33,09	32,61	72,72	68,16
	10-20	7,11	33,84	33,72	59,87	70,91
	20-40	7,71	36,55	35,62	59,17	71,05
Assimetria	0-5	-0,21	-1,41	-0,71	1,71	1,40
	5-10	-0,43	-1,30	-0,26	1,68	1,27
	10-20	0,18	-0,96	-0,13	1,51	1,16
	20-40	-0,24	-0,84	-0,36	1,08	0,98
Curtose	0-5	-0,26	2,16	-0,37	3,72	1,23
	5-10	-0,59	2,05	-0,61	3,30	0,49
	10-20	-1,61	0,52	-0,71	1,64	-0,02
	20-40	-1,65	-0,18	-0,93	1,16	-0,71

¹S= Desvio padrão; ²CV= Coeficiente de variação.

Podem-se destacar três conjuntos de atributos do solo com comportamentos semelhantes em relação às medidas de tendência central e dispersão de seus dados.

O pH, saturação por bases (V%), fósforo remanescente e densidade constituem o primeiro conjunto de atributos com menor amplitude de valores, com dados concentrados em torno da média e pequena dispersão, no qual destaca-se valores de coeficiente de variação (CV%) inferiores a 30%. Para o primeiro conjunto de atributos, que possuem menor dispersão com relação à média, a distribuição é assimétrica negativa, ou seja, os desvios negativos são preponderantes em relação aos positivos. O valor negativo de assimetria para esse conjunto refletiu a maior concentração das observações acima do valor médio. Os demais atributos químicos do solo apresentaram distribuição assimétrica positiva.

O segundo conjunto de atributos possui um grau de afastamento um pouco maior em relação à sua medida de posição e variabilidade intermediária, com valores de CV entre 30 e 60%, o qual é composto pelas variáveis: cálcio, magnésio, acidez potencial, soma de bases, capacidade de troca de cátions a pH 7,0, capacidade de troca de cátions efetiva, matéria orgânica, areia grossa e areia fina.

Em relação ao terceiro conjunto os atributos fósforo, potássio, alumínio, saturação por alumínio, silte e argila caracterizaram-se pela grande amplitude de valores e variabilidade, demonstrada pelos valores de CV superiores a 60% e atingindo o valor máximo de 346,41% de coeficiente de variação. Os valores acentuados para o coeficiente de variação verificados em alguns atributos indicam alta heterogeneidade em torno da média entre os atributos físicos e químicos das parcelas em todas as camadas.

Os coeficientes de curtose são utilizados para avaliar se os dados seguem distribuição normal (ORTIZ, 2003). Os valores de curtose devem, preferencialmente, ser nulos, sendo que os valores neste estudo indicam uma distribuição não normal dos dados entre as parcelas em todas as profundidades, sendo necessária a utilização de técnicas de análises que não pressupõem a normalidade da distribuição dos dados.

Acidez mais acentuada ($\text{pH} < 4,88$) foi observada apenas na parcela P1 (Tabela 1.6) (EMBRAPA, 2013). Essa característica propiciou a lixiviação de cátions básicos do solo da parcela (K, Ca e Mg) e o aumento das concentrações de alumínio e da acidez potencial.

As concentrações dos cátions trocáveis na maioria das parcelas foram semelhantes. Na parcela P3 (Tabela 1.6), entretanto, foram observadas as maiores concentrações de potássio ($K > 121,67 \text{ mg dm}^{-3}$), cálcio ($\text{Ca} > 6,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e magnésio ($\text{Mg} > 2,28 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em todas as camadas de solo, o que conseqüentemente elevou os valores de saturação por bases ($V > 70,40\%$).

A porcentagem de matéria orgânica variou entre 3,32 e 13,35% para a camada superficial do solo (0-5 cm). Em condições de maiores valores de matéria orgânica ocorreu acréscimo nos valores de CTC em função do aumento de cargas negativas no solo, conforme observado nas parcelas amostradas (Tabela 1.6).

Com relação à granulometria (Tabela 1.7), observa-se que em geral a área possui textura arenosa, porém as parcelas P1 e P3 (Tabela 1.7), são caracterizadas como solos argilosos em todas as camadas de coleta, devido à elevada concentração de argila.

Tabela 1.6 - Atributos químicos do solo por parcela amostral na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Parcelas	Camada	pH (H ₂ O)	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P _{Rem}
			mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³					%		mg L ⁻¹			
P1	0-5	4,88	2,77	53,67	2,22	0,77	0,36	7,13	3,13	3,49	10,27	30,50	10,20	5,64	38,07
	5-10	4,73	2,43	39,67	1,60	0,60	0,52	6,40	2,31	2,83	8,71	26,53	18,23	4,43	35,63
	10-20	4,56	1,97	33,67	1,33	0,51	0,71	6,13	1,92	2,63	8,05	23,87	27,10	3,40	31,33
	20-40	4,60	1,17	21,33	0,96	0,44	0,88	5,87	1,45	2,33	7,32	20,00	37,77	2,33	27,87
P2	0-5	6,34	8,07	77,67	5,53	1,32	0,00	1,93	7,04	7,04	8,98	78,50	0,00	3,40	51,90
	5-10	6,08	5,77	54,33	4,58	1,10	0,00	2,10	5,83	5,83	7,93	73,60	0,00	2,50	52,80
	10-20	6,03	4,80	52,33	3,46	0,90	0,00	2,17	4,50	4,50	6,66	67,47	0,00	1,72	51,17
	20-40	6,18	3,40	37,67	2,81	1,12	0,00	1,77	4,02	4,02	5,79	69,47	0,00	0,73	48,73
P3	0-5	6,40	9,83	137,67	13,80	3,24	0,00	3,40	17,39	17,39	20,79	83,60	0,00	13,35	41,33
	5-10	6,31	7,90	121,67	11,04	2,88	0,00	3,27	14,23	14,23	17,50	81,27	0,00	9,30	40,40
	10-20	6,35	9,40	136,33	8,07	2,43	0,00	2,90	10,85	10,85	13,75	79,07	0,00	5,38	34,37
	20-40	6,02	7,10	135,67	6,55	2,28	0,00	3,87	9,19	9,19	13,05	70,40	0,00	2,84	32,17
P4	0-5	6,30	6,83	63,67	5,44	1,17	0,00	2,10	6,78	6,78	8,88	76,27	0,00	3,32	53,30
	5-10	6,11	4,70	51,67	3,65	0,89	0,00	2,47	4,67	4,67	7,14	65,47	0,00	2,41	52,87
	10-20	6,03	5,43	41,67	2,73	0,64	0,00	2,57	3,48	3,48	6,04	57,53	0,00	1,77	49,43
	20-40	5,91	6,00	51,67	1,79	0,52	0,00	2,47	2,44	2,44	4,91	49,80	0,00	1,16	45,63
P5	0-5	6,46	14,70	79,67	6,14	1,70	0,00	1,70	8,05	8,05	9,75	82,43	0,00	5,73	56,90
	5-10	6,51	16,37	68,33	5,53	1,37	0,00	1,93	7,07	7,07	9,00	78,53	0,00	3,58	49,37
	10-20	6,61	20,53	58,33	4,45	1,09	0,00	1,87	5,69	5,69	7,56	75,27	0,00	1,64	47,57
	20-40	6,93	11,43	37,00	2,83	1,35	0,00	2,30	4,28	4,28	6,58	65,27	0,00	0,56	47,13
P6	0-5	6,31	29,30	36,67	5,85	0,78	0,00	1,87	6,72	6,72	8,59	77,23	0,00	3,67	51,63
	5-10	5,98	22,07	26,67	3,99	0,55	0,00	2,07	4,61	4,61	6,68	68,53	0,00	2,60	51,97
	10-20	6,48	33,83	22,67	4,02	0,49	0,00	1,50	4,57	4,57	6,07	75,23	0,00	1,79	48,87
	20-40	6,17	17,03	11,33	1,88	0,28	0,00	1,33	2,19	2,19	3,52	62,20	0,00	0,77	47,47
P7	0-5	6,44	6,23	116,33	5,86	1,58	0,00	1,80	7,74	7,74	9,54	81,13	0,00	4,48	51,67
	5-10	6,40	3,37	90,33	4,36	1,30	0,00	1,77	5,89	5,89	7,65	76,97	0,00	2,47	45,67
	10-20	6,33	2,33	55,67	3,20	0,90	0,00	1,33	4,24	4,24	5,57	76,07	0,00	1,66	48,53
	20-40	6,47	2,37	32,67	1,90	0,79	0,00	1,23	2,78	2,78	4,01	69,27	0,00	0,98	47,90
P8	0-5	6,02	6,63	67,67	5,70	1,57	0,00	2,73	7,45	7,45	10,18	73,47	0,00	5,20	49,07
	5-10	6,13	3,67	31,33	3,89	1,09	0,00	2,20	5,06	5,06	7,26	69,73	0,00	1,96	46,40
	10-20	5,98	3,53	38,33	4,61	1,15	0,00	2,47	5,87	5,87	8,33	70,43	0,00	2,77	47,10
	20-40	6,26	5,00	34,67	3,22	1,20	0,00	1,83	4,51	4,51	6,34	70,43	0,00	0,98	40,90

Continua...

Continuação...

Parcelas	Camada	pH (H ₂ O)	P		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al		SB	t	T	V	m	MO	P-Rem ₁
			mg dm ⁻³					cmol _c dm ⁻³								
P9	0-5	5,77	1,87	86,33	4,42	1,12	0,00	3,73	5,77	5,77	9,50	60,70	0,00	4,74	44,83	
	5-10	5,59	1,73	61,67	3,17	0,84	0,00	3,77	4,17	4,17	7,94	52,53	0,00	3,32	42,63	
	10-20	5,45	1,27	53,00	2,93	0,77	0,00	3,97	3,84	3,84	7,81	49,10	0,00	2,71	40,93	
	20-40	4,92	0,87	44,33	1,95	0,61	0,13	3,47	2,67	2,80	6,14	43,43	4,80	1,94	34,73	
P10	0-5	6,04	3,93	84,33	5,77	1,32	0,00	3,00	7,30	7,30	10,30	70,93	0,00	3,99	46,40	
	5-10	5,87	2,23	89,67	3,74	0,81	0,00	3,03	4,78	4,78	7,81	61,17	0,00	2,63	45,83	
	10-20	5,99	1,80	63,00	2,95	0,68	0,00	2,20	3,79	3,79	5,99	63,37	0,00	1,90	45,03	
	20-40	6,15	2,03	30,67	1,82	0,65	0,00	1,83	2,56	2,56	4,39	58,53	0,00	0,69	47,37	
P11	0-5	5,95	3,03	132,33	4,73	1,51	0,00	3,47	6,58	6,58	10,05	65,47	0,00	5,21	46,30	
	5-10	5,57	2,40	73,00	2,94	1,11	0,03	3,47	4,24	4,27	7,70	54,97	0,90	3,37	40,80	
	10-20	5,25	1,87	46,00	1,69	0,76	0,13	3,13	2,56	2,69	5,69	44,47	5,37	2,39	39,30	
	20-40	5,19	1,43	37,33	1,46	0,83	0,13	3,10	2,38	2,51	5,48	43,40	5,27	2,35	38,00	
P12	0-5	6,11	3,53	80,33	5,95	1,96	0,00	2,50	8,12	8,12	10,62	76,70	0,00	4,69	48,47	
	5-10	6,17	2,20	61,00	4,95	1,57	0,00	2,37	6,67	6,67	9,04	73,57	0,00	3,03	45,43	
	10-20	6,19	1,17	59,00	3,22	1,27	0,00	1,77	4,64	4,64	6,40	72,50	0,00	1,79	43,80	
	20-40	6,20	0,80	35,33	2,68	1,12	0,00	1,90	3,89	3,89	5,79	67,53	0,00	1,02	45,27	

Em que: P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; SB = soma de bases; t = capacidade de troca de cátions efetiva = T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V% = percentagem de saturação por bases; m = percentagem de saturação por alumínio; MO = matéria orgânica; P-Rem = fósforo remanescente.

Tabela 1.7 - Textura e classificação do solo por parcela amostral na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim – ES.

Parc.	Camada	Dens.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classificação
		kg dm ⁻³					
P1	0-5	1,02	380,67	114,00	26,33	479,00	Argila arenosa
	5-10	1,06	340,67	113,67	9,33	536,00	Argila arenosa
	10-20	1,10	277,00	110,00	27,00	586,00	Argila
	20-40	1,11	232,33	105,33	24,67	637,67	Muito argilosa
P2	0-5	1,25	634,00	189,67	54,33	121,67	Franco arenoso
	5-10	1,22	561,67	261,67	38,33	138,33	Franco arenoso
	10-20	1,28	557,00	274,33	41,00	128,00	Franco arenoso
	20-40	1,33	507,67	275,33	54,67	162,67	Franco arenoso
P3	0-5	0,88	100,33	82,00	182,00	635,33	Muito argilosa
	5-10	0,97	97,00	71,67	193,33	638,00	Muito argilosa
	10-20	1,07	128,50	75,00	151,00	645,00	Muito argilosa
	20-40	1,10	118,67	66,67	147,67	668,00	Muito argilosa
P4	0-5	1,28	691,33	163,67	16,00	129,00	Areia franca
	5-10	1,28	653,67	184,00	32,67	129,67	Franco arenoso
	10-20	1,27	614,00	203,67	29,33	153,67	Franco arenoso
	20-40	1,29	593,00	221,67	38,00	147,33	Franco arenoso
P5	0-5	1,11	615,67	192,33	68,33	123,67	Areia franca
	5-10	1,17	559,00	237,33	70,00	134,00	Franco arenoso
	10-20	1,30	540,00	273,33	60,67	125,67	Franco arenoso
	20-40	1,32	528,00	264,67	67,67	140,00	Franco arenoso
P6	0-5	1,23	682,33	152,33	33,33	132,00	Areia franca
	5-10	1,28	673,67	168,33	38,33	119,67	Franco arenoso
	10-20	1,30	692,33	165,33	33,00	109,33	Areia franca
	20-40	1,31	664,00	177,33	44,67	113,67	Areia franca
P7	0-5	1,15	625,33	196,67	42,33	135,67	Franco arenoso
	5-10	1,23	602,00	228,67	41,33	127,33	Franco arenoso
	10-20	1,21	584,67	237,67	64,67	113,67	Areia franca
	20-40	1,25	580,67	251,00	57,00	112,00	Areia franca
P8	0-5	1,05	577,67	204,67	60,33	157,33	Franco arenoso
	5-10	1,19	523,67	263,33	65,00	148,67	Franco arenoso
	10-20	1,11	542,33	234,67	63,67	159,33	Franco arenoso
	20-40	1,26	529,33	247,33	59,67	163,67	Franco arenoso
P9	0-5	1,06	417,00	158,00	63,67	361,00	Franco argilo arenoso
	5-10	1,08	407,33	159,33	47,33	386,00	Franco argilo arenoso
	10-20	1,14	366,33	165,33	51,67	416,33	Argila
	20-40	1,12	304,33	160,33	13,00	522,67	Argila arenosa
P10	0-5	1,18	643,33	119,00	53,33	184,00	Franco arenoso
	5-10	1,20	605,67	142,33	70,33	182,00	Franco arenoso
	10-20	1,18	624,33	138,67	57,67	179,33	Franco arenoso
	20-40	1,20	584,33	138,33	71,67	205,67	Franco argilo arenoso
P11	0-5	1,01	437,67	149,00	92,00	321,33	Franco argilo arenoso
	5-10	1,07	428,33	151,67	82,67	337,67	Franco argilo arenoso
	10-20	1,09	414,67	154,00	65,00	367,00	Franco argilo arenoso
	20-40	1,08	370,33	143,00	72,33	414,33	Argila
P12	0-5	1,05	456,00	197,00	105,33	241,67	Franco argilo arenoso
	5-10	1,11	425,67	210,33	124,33	239,67	Franco argilo arenoso
	10-20	1,18	437,00	195,00	132,67	234,67	Franco argilo arenoso
	20-40	1,21	428,67	206,33	123,67	242,00	Franco argilo arenoso

A ACP resultou nos autovalores, porcentagens de explicação da variância dos componentes principais e correlação entre as componentes principais (CP's) e os atributos de solo originais da floresta apresentados na Tabela 1.6. Os atributos mais representativos dos componentes principais, com correlação maior em valor absoluto que 0,7, estão destacadas em negrito.

Tabela 1.8 - Autovalores, porcentagens de explicação da variância dos componentes principais e correlação entre as componentes principais (CPs) e os atributos de solo da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Componentes	CP1 ₀₋₅	CP2 ₀₋₅	CP1 ₅₋₁₀	CP2 ₅₋₁₀	CP1 ₁₀₋₂₀	CP2 ₁₀₋₂₀	CP1 ₂₀₋₄₀	CP2 ₂₀₋₄₀
Autovalor	9,11	6,98	9,06	7,09	8,42	7,53	9,06	7,06
Var ¹ (%)	47,93	36,72	47,67	37,29	44,33	39,61	47,71	37,14
Var. Acum. ² (%)	47,93	84,65	47,67	84,96	44,33	83,94	47,71	84,85
Variáveis	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm	
pH (H ₂ O)	0,18	0,97	0,24	0,95	-0,15	0,97	-0,68	0,66
P	-0,11	0,43	-0,04	0,41	-0,19	0,41	-0,35	0,29
K	0,71	0,14	0,77	0,14	0,81	0,44	0,59	0,73
Ca ²⁺	0,87	0,41	0,89	0,41	0,61	0,75	0,36	0,92
Mg ²⁺	0,92	0,29	0,94	0,27	0,81	0,54	0,37	0,88
Al ³⁺	-0,14	-0,91	-0,11	-0,89	0,20	-0,87	0,58	-0,68
H+Al	0,13	-0,99	0,10	-0,99	0,41	-0,86	0,89	-0,35
SB	0,90	0,39	0,91	0,38	0,68	0,71	0,38	0,92
t	0,91	0,37	0,92	0,34	0,72	0,66	0,47	0,87
T	0,98	-0,05	0,98	-0,05	0,92	0,21	0,79	0,57
V	0,24	0,97	0,34	0,93	-0,03	0,98	-0,50	0,83
m	-0,14	-0,91	-0,11	-0,89	0,20	-0,87	0,58	-0,67
MO	0,96	-0,11	0,94	-0,23	0,96	-0,09	0,94	-0,04
P _{-Rem}	-0,47	0,83	-0,43	0,81	-0,78	0,58	-0,95	0,21
Densidade	-0,78	0,42	-0,75	0,54	-0,72	0,41	-0,87	0,17
Areia Grossa	-0,86	0,45	-0,84	0,47	-0,91	0,29	-0,97	-0,11
Areia Fina	-0,56	0,50	-0,55	0,58	-0,68	0,38	-0,81	0,08
Silte	0,94	0,12	0,90	0,23	0,69	0,46	0,24	0,80
Argila	0,76	-0,61	0,71	-0,69	0,87	-0,46	0,99	-0,08

¹ Variância explicada; ² Variância acumulada

Em que: P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; SB = soma de bases; t = capacidade de troca de cátions efetiva = T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V% = porcentagem de saturação por bases; m = porcentagem de saturação por alumínio; MO = matéria orgânica; P_{-Rem} = fósforo remanescente.

Observa-se que as componentes principais mais importantes podem ser resumidas em dois componentes por camada de solo estudado, as quais possuem variância acumulada de 84,65; 84,96; 83,94; 84,85% para as camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente.

As camadas de 0-5 cm e 5-10 cm obtiveram comportamento similar quanto às correlações entre os componentes principais e os atributos do solo. No primeiro componente principal (CP1₀₋₅ e CP2₅₋₁₀), que explicam 47,93 e 47,67% respectivamente, da variação, nota-se elevada correlação positiva (>0,70) para os

atributos potássio, cálcio, magnésio, soma de bases, CTC efetiva e a CTC a pH 7,0, matéria orgânica do solo, silte e argila e elevada negativa ($<-0,70$) para densidade e areia grossa. O segundo componente principal da camada superficial de 0-5 cm e da camada de 5-10 cm (CP2₀₋₅ e CP2₅₋₁₀) explica 36,72 e 37,29% da variação dos dados, respectivamente. A CP2₀₋₅ e CP2₅₋₁₀ estão positivamente correlacionadas com pH, saturação de bases e fósforo remanescente e de forma negativa com alumínio, acidez potencial e saturação por alumínio (Tabela 1.6).

Para a camada de 10-20 cm (CP1₁₀₋₂₀), os atributos potássio, magnésio, CTC efetiva e a CTC a pH 7,0, matéria orgânica do solo e argila correlacionaram positivamente com a CP1₁₀₋₂₀ e de forma negativa com fósforo remanescente, densidade e areia grossa. Para o segundo componente principal, o comportamento foi semelhante às demais camadas com os atributos pH, cálcio, soma de bases e saturação de bases com alta correlação positiva e alumínio, acidez potencial e saturação por alumínio com alta correlação negativa (Tabela 1.6).

Para a camada de 20-40 cm de solo (CP1₂₀₋₄₀) os atributos acidez potencial, CTC a pH 7,0, matéria orgânica do solo e argila correlacionaram positivamente com a CP1₂₀₋₄₀ e os atributos fósforo remanescente, densidade, areia grossa e areia fina correlacionaram negativamente. Já a componente principal 2 da camada de 20-40 cm correlacionou de maneira positiva, com potássio, cálcio, magnésio, soma de bases, CTC efetiva, saturação de bases e areia fina (Tabela 1.6).

As correlações entre os atributos de solo com as componentes principais mais representativas 1 e 2 das camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm são visualizadas nos gráficos da Figura 1.4 A, B, C e D, respectivamente.

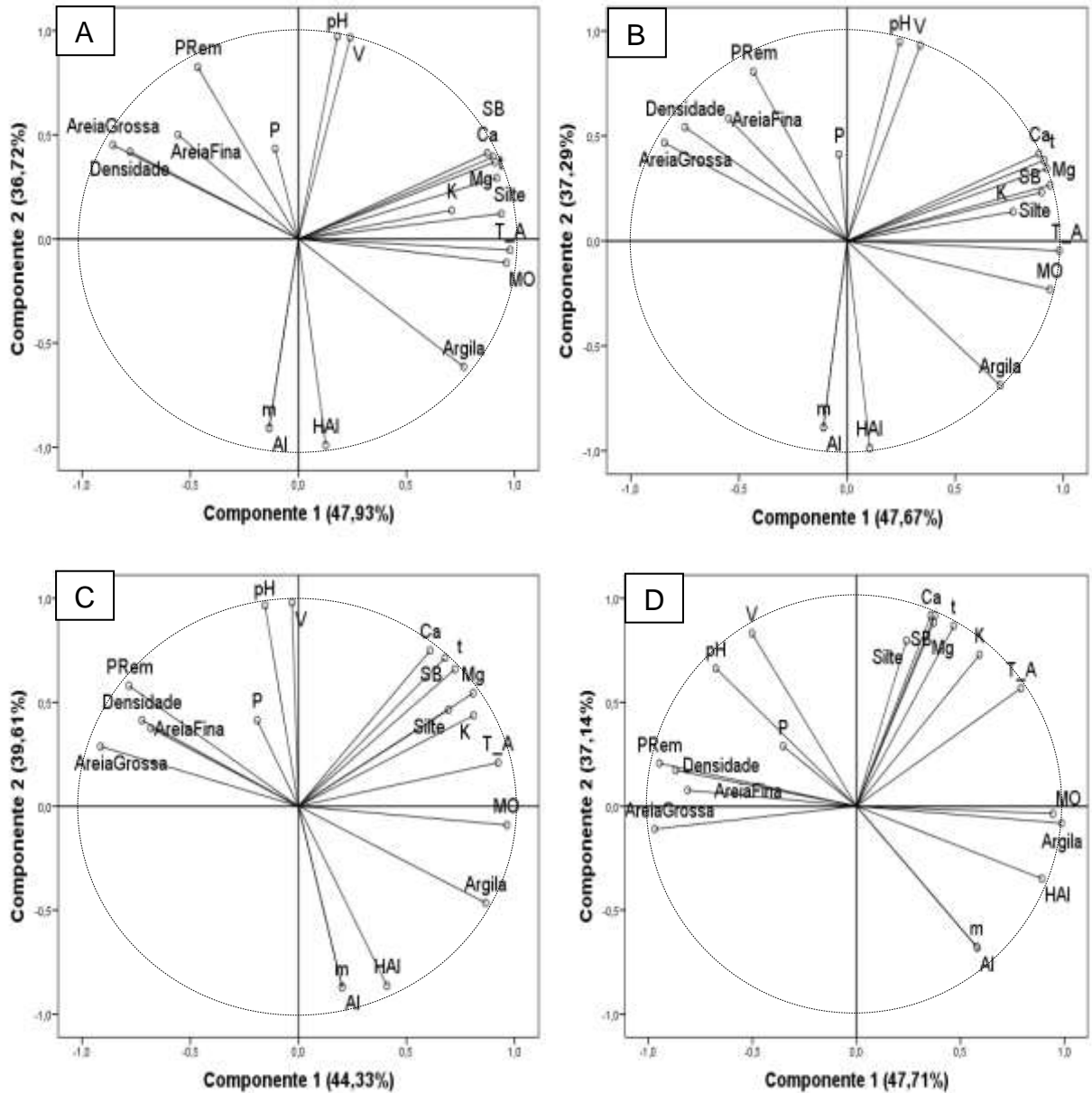


Figura 1.4 - A, B, C, D. Projeções dos atributos de solo da Floresta Estacional Semidecidual Submontana no plano principal entre as Componentes Principais (CPs) 1 e 2, para as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40, respectivamente.

Em que: P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; HAl = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; SB = soma de bases; t = capacidade de troca de cátions efetiva = T_A = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V = porcentagem de saturação por bases; m = porcentagem de saturação por alumínio; MO = matéria orgânica; P-Rem = fósforo remanescente.

Na Figura 1.4 A, B, C e D, os atributos mais afastados da origem e que estão mais próximos do círculo unitário são os mais representativos da variação dos dados dos atributos físicos e químicos, sendo que os atributos mais afastados da origem no sentido horizontal representam a componente principal 1 (CP1) e as mais afastadas da origem no sentido vertical representam a componente principal 2 (CP2).

Na Figura 1.5 A, B, C e D, estão plotadas as parcelas, por camada de solo estudada, segundo um plano bidimensional proporcionada pela obtenção das CP's 1 e CP's 2 para cada camada.

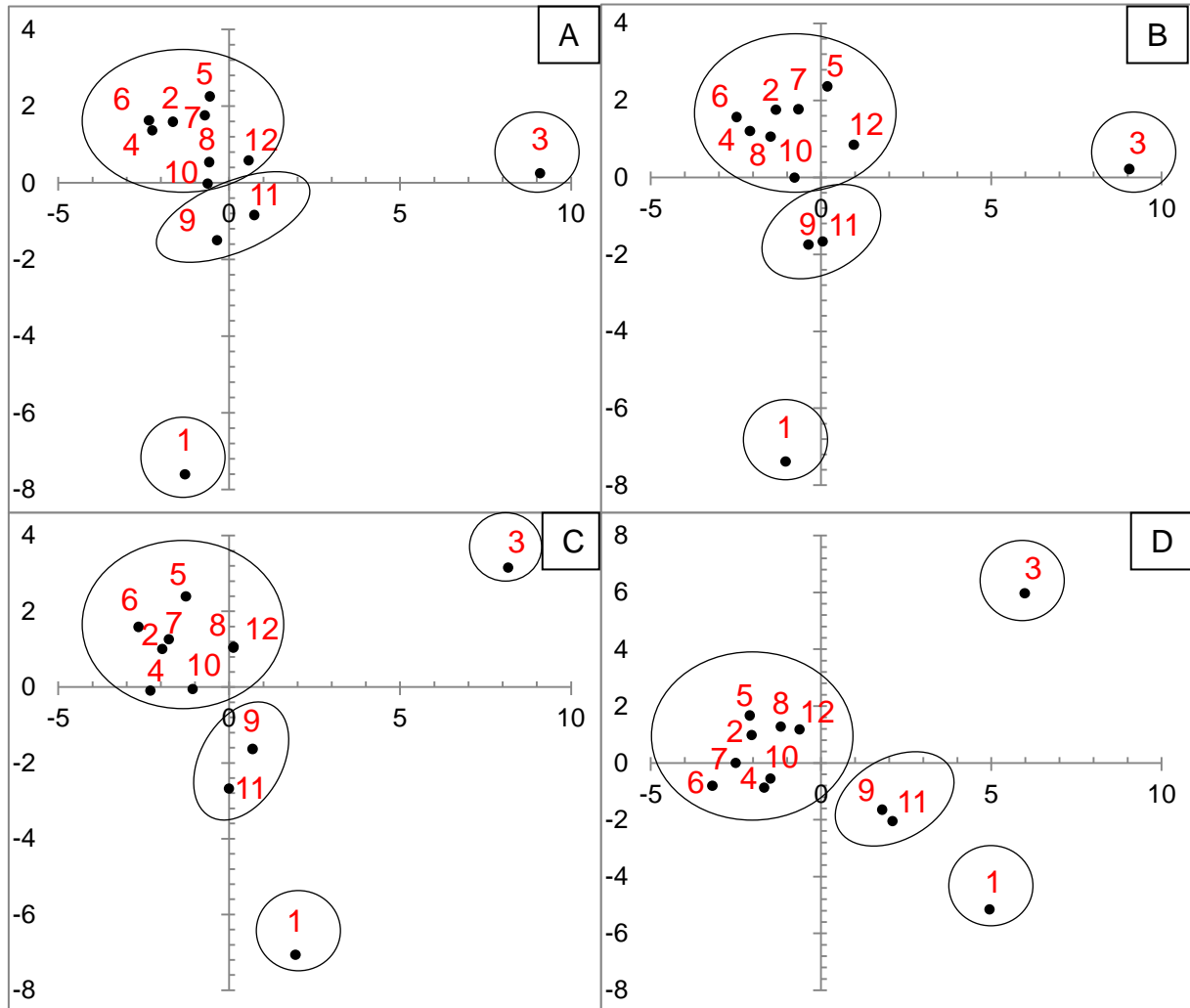


Figura 1.5 - A, B, C e D. Projeção das parcelas (P1 a P12) da Floresta Estacional Semidecidual Submontana no plano principal entre as Componentes Principais 1 e 2, para as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40, respectivamente.

Na representação gráfica das parcelas das quatro camadas estudadas (Figura 1.5 – A, B, C e D), nota-se a formação de quatro grupos de parcelas, sendo estes semelhantemente agrupados de acordo com o aumento da profundidade. As parcelas mais afastadas da origem estão distribuídas com base na sua representatividade em relação às variáveis de solos mais importantes das CPs 1 e 2, enquanto as parcelas que estão comparativamente mais próximas da origem devem ser mais similares e com menor variação dos atributos químicos e físicos.

Com interesse de confirmar os grupos de parcelas formados com base na variação de todos os atributos químicos e físicos do solo, aplicou-se a análise de

agrupamento (AA) para todas as camadas de solo, utilizando-se os atributos analisados. As análises de agrupamentos forneceram dendrogramas, obtido pelo método de ligação de Ward (Figura 1.6 A, B, C e D).

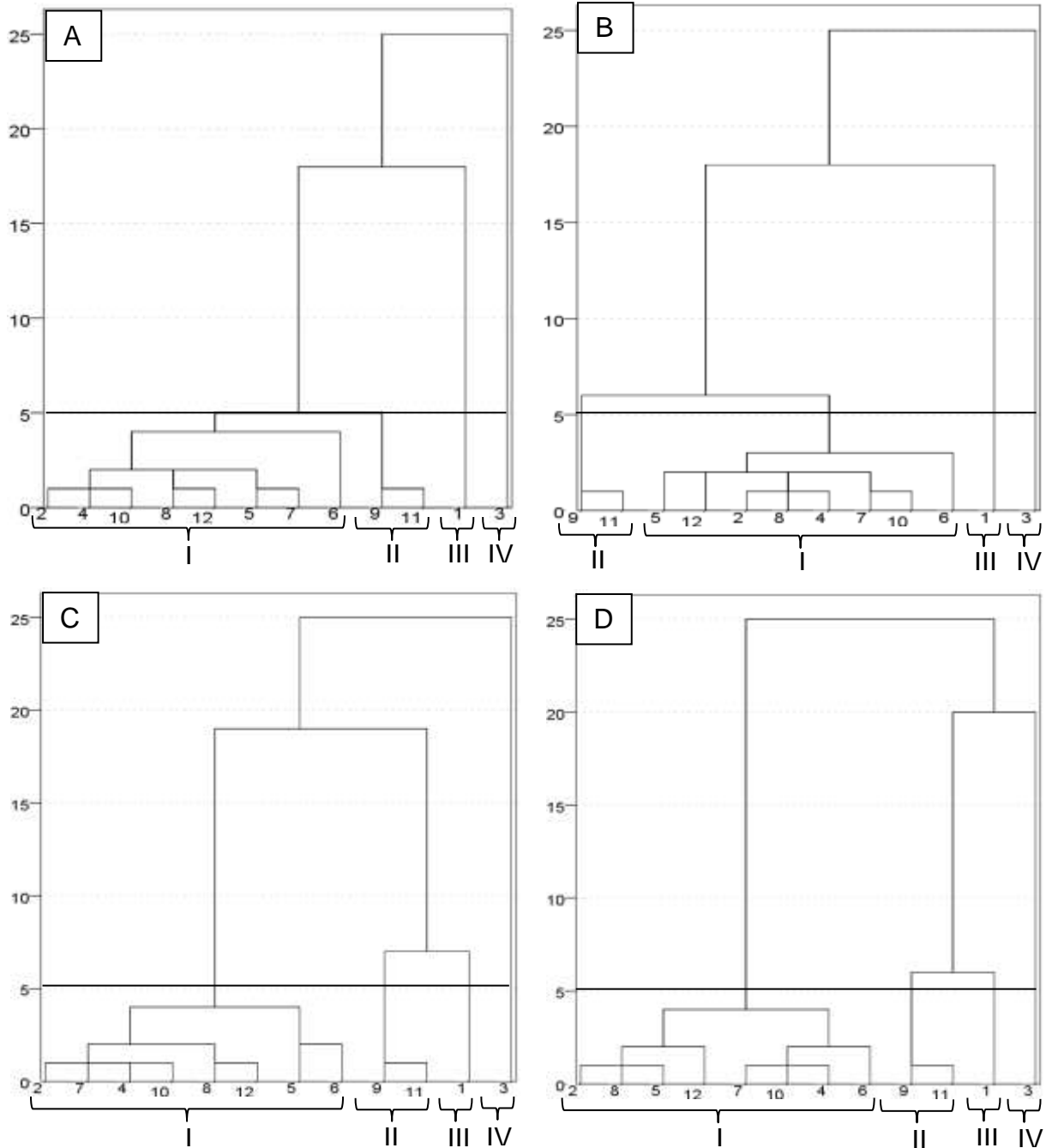


Figura 1.6 - A, B, C e D. Dendrograma de agrupamento das parcelas e grupos formados (I, II, III e IV) da Floresta Estacional Semidecidual Submontana pelas variáveis químicas de solo, para as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40, respectivamente.

Observa-se que as parcelas P1 e P3, em todas as camadas de estudo, são as mais distantes das demais parcelas quanto os atributos físicos e químicos avaliados, sendo estas isoladas em dois grupos distintos. A parcela P1 caracteriza-

se por ser mais pobre de bases trocáveis e possuir menor pH o que influencia na acidez potencial do solo e a concentração de alumínio. O maior teor de matéria orgânica e de cátions são características que distinguem a parcela P3 das demais parcelas em estudo.

3.2 ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ

Para o cálculo de estoque de carbono orgânico do solo foram consideradas as densidades e as espessuras de coleta das diferentes camadas. Devido a isso não foram avaliadas as diferenças entre as camadas distintas, sendo feita a análise com relação às diferentes parcelas (Tabela 1.7).

O estoque de carbono do solo variou de 12,31 a 33,94 Mg ha⁻¹ na camada de 0-5 cm, de 6,76 a 26,07 Mg ha⁻¹ na camada de 5-10 cm, de 11,64 a 33,49 Mg ha⁻¹ na camada de 10-20 cm e de 8,60 a 36,13 Mg ha⁻¹ na camada de 20-40 cm, sendo que a parcela P3 apresentou médias estatisticamente superiores quando comparada com as demais parcelas para todas as camadas de solo (Tabela 1.7).

Tabela 1.9 - Estoque de carbono orgânico do solo nas camadas de 0-5, 5-10,10-20, 20-40 e 0-40 cm do solo, na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Parcela	Estoque de carbono orgânico do solo (Mg ha ⁻¹)				
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	0-40 cm
P1	16,67 ab*	13,67 a	21,78 ab	29,87 ab	81,99 ab
P2	12,31 b	8,83 ab	12,76 ab	11,34 ab	45,18 b
P3	33,94 a	26,07 a	33,49 a	36,13 a	129,64 a
P4	12,31 b	8,95 ab	12,98 ab	17,40 ab	51,67 ab
P5	18,38 ab	12,14 ab	12,34 ab	8,60 b	51,42 ab
P6	13,08 ab	9,68 ab	13,49 ab	11,73 ab	47,92 ab
P7	14,99 ab	8,82 ab	11,64 b	14,26 ab	49,57 ab
P8	15,80 ab	6,76 b	17,78 ab	14,37 ab	54,72 ab
P9	14,61 ab	10,36 ab	17,87 ab	25,13 ab	67,95 ab
P10	13,63 ab	9,14 ab	12,98 ab	9,63 ab	45,39 ab
P11	15,25 ab	10,43 ab	15,09 ab	29,49 ab	70,29 ab
P12	14,25 ab	9,74 ab	12,22 ab	14,36 ab	50,60 ab
Média	16,27	11,22	16,20	18,53	62,21
Desvio padrão	5,84	4,99	6,24	9,20	24,09
CV (%)	35,90	44,52	38,51	49,68	38,73

*Valores seguidos pela mesma letra na coluna, são estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

4. DISCUSSÃO

4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO DA RPPN CAFUNDÓ

Com as médias dos atributos químicos das doze parcelas amostradas pode-se inferir que o solo possui um nível médio de fertilidade (Tabela 1.4) (DADALTO e FULLIN, 2001). Os nutrientes fósforo, cálcio, magnésio e potássio estão mais elevadas e as concentrações de alumínio, menores quando comparadas à fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual estudados por Fernandes Guareschi et al. (2014) em solos predominantes classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo Háplico no município de Pinheiral, RJ, e de um fragmento florestal de Floresta Atlântica em sucessão secundária, em Conceição de Macabu, RJ (GAMA-RODRIGUES et al., 2008). Outros estudos realizados por Benites et al. (2010), Espig et al. (2008) e Ferreira et al. (2006) também avaliam concentrações de nutrientes abaixo do encontrado no presente trabalho em diferentes formações florestais. Segundo Salgado et al. (2006) a fertilidade baixa em solo sob vegetação natural é uma condição esperada, devido ao acúmulo de nutrientes na parte aérea e raízes e ao alto grau de intemperismo do solo. Porém, no presente estudo a concentração dos nutrientes esteve acima do encontrado em outras florestas tropicais.

A menor acidez encontrada em nove das doze parcelas do estudo propicia a manutenção dos cátions básicos do solo (K, Ca, Mg) e a diminuição das concentrações de alumínio e da acidez potencial em todas as camadas de estudo (Tabela 1.6). Nas parcelas onde o pH é menor (P1, P9 e P11) nota-se maiores concentrações de alumínio, sendo que para a parcela P1, que possui o menor pH, houve presença de alumínio em todas as camadas com tendência de aumento com a profundidade de coleta. Os solos com pH mais elevados encontrados em grande parte do estudo não são considerados uma característica típica de florestas tropicais (FUJII et al. 2011), com valores de pH superiores aos obtidos por Benites et al. (2010) com pH de 4,8 e Gama-Rodrigues et al. (2008) com pH de 4,35, ambos em fragmentos de floresta atlântica no Rio de Janeiro.

Como consequência do menor pH, os cátions cálcio e magnésio foram encontrados em menor concentração na parcela P1, inferindo que a maior acidez avaliada nessa parcela possibilitou a lixiviação dos cátions básicos do solo, fato que

pode ser comprovado com a baixa soma de bases e saturação de bases, quando comparada às demais parcelas.

A matéria orgânica do solo encontra-se em concentrações altas na primeira camada de todas as parcelas, indicando a importância das camadas superficiais do solo para a ciclagem de nutrientes, pois segundo Zanella et al. (2011) é onde se situa o contato direto com a serapilheira, ou seja, que dará origem à matéria orgânica do solo. O maior conteúdo de matéria orgânica no solo atua como fonte de nutrientes para os vegetais, aumentando a capacidade de troca de cátions, além de formar complexos com o alumínio, aumentando a disponibilidade de nutrientes (FONTANA et al., 2011; GUPPY et al., 2005). Pode-se perceber que os atributos químicos do horizonte mais superficial podem estar diretamente relacionados com a dinâmica florestal de produção e decomposição de serapilheira (PESSOA; CESÁRIO e CASTRO JUNIOR, 2012; PONGE, 2006).

Nos solos com cobertura de vegetação nativa há maior integração entre a cobertura vegetal e os atributos químicos do solo, pelo fato de ocorrer de forma contínua a decomposição do material orgânico depositado sobre o piso da floresta, associada às menores perdas de nutrientes. Desta maneira ao considerar os processos de formação do solo que atuam ao longo do tempo, observa-se variabilidade dos atributos químicos do solo em função do maior acúmulo de serapilheira em algumas superfícies, seguido pela decomposição e liberação de nutrientes (CARRERA et al., 2009).

Observou-se a diminuição dos valores dos atributos químicos com o aumento da profundidade, com exceção da concentração de alumínio e da saturação por alumínio que obtiveram aumento nos valores analisados em camadas mais profundas nas parcelas P1, P9 e P11. Infere-se que as maiores concentrações de nutrientes presentes na camada superficial do solo estão associadas à ciclagem mais eficiente de nutrientes nas camadas iniciais do solo, justificando as tendências dos nutrientes serem de concentração mais elevada na camada superficial do solo. Silva et al. (2007) observaram em estudo realizado com mata, capoeira e pastagem em Chernossolo, maiores valores de potássio e cálcio na camada superficial para o tratamento caracterizado pela presença de mata. Resultados semelhantes foram encontrados por Miranda et al. (2007), no qual os nutrientes na camada de 0-10 cm obtiveram concentrações superiores à camada 10-20 cm em um fragmento de floresta atlântica no Rio de Janeiro.

As variações dos atributos químicos do solo, com base na análise de componentes principais para cada camada de solo, permitiram que apenas dois componentes principais fossem suficientes para explicar a variação dos dados. Cruz e Regazzi (2001) observaram que em estudos por meio da análise de componentes principais almeja-se que 70% da variação total acumulada sejam explicada pelos dois primeiros componentes.

O grupo de atributos químicos e físicos correlacionados com as CP1₀₋₅, CP1₅₋₁₀, CP1₁₀₋₂₀ do solo em estudo podem ser interpretados como a melhoria da fertilidade do solo em função do aumento da matéria orgânica e da diminuição da densidade do solo. Por outro lado as CP2₀₋₅, CP2₅₋₁₀, CP2₁₀₋₂₀ podem ser interpretadas como o efeito da elevação do pH do solo na diminuição da acidez potencial e no aumento da saturação de bases e de fósforo disponível.

As elevadas correlações dos atributos do solo com as CP1₀₋₅ e CP1₅₋₁₀ podem ser interpretadas e analisadas como os locais que possuem maior concentração de matéria orgânica do solo e textura com maior concentração de argila tendem a ser mais férteis, ocorrendo maior concentração de potássio, cálcio e magnésio e aumentando os valores de soma de bases, CTC efetiva e saturação de bases. Além disso, a matéria orgânica do solo, concentração de argila e os cátions básicos, que estão do lado direito do gráfico da Figura 1.4 – A e B, são correlacionadas com a CP1₀₋₅ e a CP1₅₋₁₀ de modo inverso com a densidade e areia grossa, que estão do lado esquerdo do gráfico, indicando que a diminuição da densidade do solo e da areia grossa aumenta os cátions básicos do complexo de troca (Figura 1.4 – A e B).

Entretanto, com o aumento da profundidade o efeito da matéria orgânica do solo sobre a fertilidade do solo é diminuída, ocorrendo a diminuição da fertilidade do solo, como também relatado por Santos et al. (2008) em um Latossolo Vermelho distrófico típico sob um fragmento de floresta subtropical. Este fato pode ser confirmado com a ACP das camadas de 10-20 e 20-40. Nessas camadas o incremento da matéria orgânica diminui a concentração de fósforo remanescente e na camada de 20-40 cm ocasiona ainda, o aumento da acidez potencial do solo (CP1₂₀₋₄₀).

Com relação a CP2₀₋₅, CP2₅₋₁₀, CP2₁₀₋₂₀, pode-se inferir que o aumento do pH leva a um aumento da saturação de bases com elevada correlação positiva no eixo y do gráfico da Figura 1.4 – A, B e C, além de ocasionar a diminuição da concentração de alumínio e conseqüentemente da acidez potencial do solo.

A presença de alumínio no solo estudado é observada nas parcelas com maior porcentagem de matéria orgânica na camada de 20-40 cm do solo, o que corrobora com a hipótese de que a acidez existente na camada de 20-40 cm de solo do presente estudo é devido, principalmente, ao cátion H^+ proveniente dos compostos orgânicos.

Outro aspecto importante do presente estudo é evidenciado pela CP1 das camadas de 10-20 e 20-40 cm de solo estudado, no qual é inferido o efeito de adsorção do fósforo pela matéria orgânica e pela concentração de argila, devido uma correlação inversa entre o fósforo remanescente e a matéria orgânica do solo e a argila (Figura 1.4 – C e D). O fósforo remanescente pode ser entendido como a quantidade de fósforo adicionado que fica na solução de equilíbrio, e quanto maior o seu valor, menor é adsorção de fosfatos, ou seja, maior a disponibilidade de fosfatos para as plantas na solução do solo (SOUZA et al., 2006; VILAR et al., 2010; GONÇALVES et al., 2011).

A influência da matéria orgânica do solo na adsorção de fósforo tem sido discutida em pesquisas que evidenciam que ela pode diminuir ou aumentar a capacidade do solo em adsorver fósforo. Estudos como os de Aquino (2004) e Silva et al. (1997) atestam que a redução da adsorção de fósforo tem sido atribuída à ação do ácido carbônico liberado pela matéria orgânica sobre a solubilização de minerais contendo fósforo. Para Andrade et al. (2001), ao pesquisarem o efeito da aplicação de resíduos orgânicos na adsorção de fósforo, concluíram que a adição de matéria orgânica do solo reduziu a fixação de P nos solos avaliados.

Porém, como no presente estudo, alguns autores têm indicado correlações positivas entre o teor de matéria orgânica do solo e a adsorção de fósforo em razão principalmente do caráter aniônico da matéria orgânica, que possibilita a formação de pontes de cátions com o alumínio, ferro e cálcio a ela adsorvidos, e, por meio dessas pontes, o fósforo seria adsorvido (SANYAL; DE DATTA, 1991). Chaves et al. (2007) verificaram que os atributos do solo que tiveram influência positiva sobre a capacidade de adsorção de fósforo foram a matéria orgânica, saturação por bases e teor de argila.

Outro fator que pode estar relacionado com os menores valores de fósforo remanescente é o aumento da concentração de argila no solo. Observa-se que as parcelas que possuem maior concentração de argila também possuem os menores valores de fósforo remanescente (Tabela 1.6 e 1.7). Isso sugere uma tendência de

aumento da disponibilidade de fósforo com maiores concentrações de areia grossa e diminuição com maiores concentrações de argila, uma vez que sua retenção torna-se mais fraca e a disponibilização mais fácil com a diminuição da concentração de argila, fato este também evidenciado por Burak et al. (2012), Machado et al. (2011) e Valladares et al. (2003).

Em geral, as interpretações das componentes principais são semelhantes para as quatro camadas de solo estudadas na RPPN Cafundó, devido aos coeficientes de correlação entre as componentes principais e variáveis de solo da RPPN Cafundó serem semelhantemente elevados nos mesmos atributos químicos em todas as camadas de solo.

Analisando a Figura 1.4 A, B, C e D juntamente com a Figura 1.5 A, B, C e D, a parcela que está mais afastada da origem para o lado inferior do gráfico (parcela P1) na Figura 1.5 A, B, C e D possui maior representatividade para os atributos acidez potencial, saturação por alumínio e concentração de alumínio (Figura 1.4 A, B, C e D). Para a parcela alocada na direita superior dos gráficos (parcela P3) da Figura 1.5 A, B, C e D possui maior conectividade com os atributos cálcio, magnésio, potássio, silte e matéria orgânica (Figura 1.4 A, B, C e D). O grupo de parcelas dispostas ao lado esquerdo superior (Figura 1.5 A, B, C e D) possui maior correlação com os atributos físicos: areia grossa, areia fina e densidade (parcelas P2, P4, P5, P6, P7, P8, P10 e P12). Além disso, nota-se que as parcelas P9 e P11 situaram-se na parte central dos gráficos em todas as camadas estudadas, provavelmente por possuir características intermediárias entre os outros três grupos (Figura 1.5 A, B, C e D). Assim, é possível averiguar a formação de quatro grupos distintos quanto aos atributos químicos e físicos do solo.

Para a confirmação da existência de diferentes habitats formados por grupos de parcelas com base na variação dos dados químicos de solo, aplicou-se uma Análise de Agrupamento (Figura 1.6 A, B, C e D). A análise de agrupamento resultou na confirmação de quatro diferentes grupos de parcelas, como evidenciado na Figura 1.6 A, B, C e D. Infere-se que com aumento da profundidade há uma tendência de maior distanciamento dos grupos de parcelas devido provavelmente à menor influência do aporte de matéria orgânica da vegetação.

Em geral, o grupo I, composto pelas parcelas P2, P4, P5, P6, P7, P8, P10, e P12; e o grupo II, composto pelas parcelas P9 e P11, de todas as camadas de solo estudadas, são semelhantes quanto as características químicas. O grupo I

caracteriza-se por possuir pH mais elevado e sem a presença de alumínio em sua composição com relação ao grupo II, sendo as demais características com médias muito semelhantes entre os dois grupos (Tabela 1.8).

O grupo II, formado pelas parcelas P9 e P11 (Figura 1.6 A, B, C e D) possui menor variação dos atributos entre as parcelas, tendo menores concentrações de fósforo e acidez um pouco mais elevada com relação ao grupo I vizinho formado pelas parcelas P2, P4, P5, P6, P8, P10 e P12. Apesar da semelhança dos atributos químicos destes dois grupos, com o aumento da profundidade eles tenderam a se separar, devido, principalmente, à presença de alumínio e a maior concentração de argila nas parcelas P9 e P11 (Tabela 1.6 e Tabela 1.7), representadas pelo grupo II (Figura 1.6 A, B, C e D).

O grupo III (parcela P1) é representado por solos ácidos e com presença de alumínio, além de possuir menores concentrações de nutrientes em todas as camadas de solo estudadas (Tabela 1.8). A parcela P1 é localizada em topo de morro, o que segundo estudo de Godinho et al. (2014) proporciona uma condição de menor fertilidade e maior acidez. Em contrapartida, o grupo IV (parcela P3) caracteriza-se por apresentar maior quantidade de matéria orgânica em sua composição e conseqüentemente maiores concentrações de fósforo e de cátions trocáveis no solo, sendo um solo mais estruturado fisicamente (Tabela 1.7).

As parcelas P1 e P3 (grupo III e IV, respectivamente) possuem características bem distintas com os demais grupos, sendo a parcela P1 com menor fertilidade avaliada e a parcela P3 com melhores características químicas. Isso pode ser devido às diferenças de textura avaliada nessas duas parcelas, sendo estas caracterizadas como argilosa e muito argilosa, respectivamente. Porém, o fato da parcela P3 possuir textura com maior percentual de argila e concomitantemente menor densidade e maior concentração de matéria orgânica do solo pode ter influenciado positivamente a avaliação de maior fertilidade no solo, maximizando os processos de ciclagem de nutrientes pela vegetação neste local (Tabela 1.6 e Tabela 1.7).

Tabela 1.10 - Médias dos atributos químicos com base no agrupamento de parcelas na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Grupo	Cam.	pH (H ₂ O)	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P _{-rem}	Dens	A.	A.	Silte	Argila
																	Grossa	Fina		
			mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³						%		mg L ⁻¹	kg dm ⁻³						
G I	0-5	6,25	9,90	75,79	5,78	1,43	0,00	2,20	7,40	7,40	9,60	77,08	0,00	4,31	51,17	1,16	615,71	176,92	54,17	153,13
	5-10	6,16	7,55	59,17	4,34	1,08	0,00	2,24	5,57	5,57	7,81	70,95	0,00	2,65	48,79	1,21	575,63	212,00	60,04	152,42
	10-20	6,20	9,18	48,88	3,58	0,89	0,00	1,98	4,60	4,60	6,58	69,73	0,00	1,88	47,69	1,23	573,96	215,33	60,33	150,46
	20-40	6,28	6,01	33,88	2,37	0,88	0,00	1,83	3,33	3,33	5,17	64,06	0,00	0,86	46,30	1,27	551,96	222,75	64,63	160,88
G II	0-5	5,86	2,45	109,33	4,58	1,32	0,00	3,60	6,18	6,18	9,78	63,08	0,00	4,97	45,57	1,04	427,33	153,50	77,83	341,17
	5-10	5,58	2,07	67,33	3,06	0,97	0,02	3,62	4,20	4,22	7,82	53,75	0,45	3,34	41,72	1,07	417,83	155,50	65,00	361,83
	10-20	5,35	1,57	49,50	2,31	0,77	0,07	3,55	3,20	3,27	6,75	46,78	2,68	2,55	40,12	1,11	390,50	159,67	58,33	391,67
	20-40	5,06	1,15	40,83	1,71	0,72	0,13	3,28	2,53	2,66	5,81	43,42	5,03	2,14	36,37	1,10	337,33	151,67	42,67	468,50
G III	0-5	4,88	2,77	53,67	2,22	0,77	0,36	7,13	3,13	3,49	10,27	30,50	10,20	5,64	38,07	1,02	380,67	114,00	26,33	479,00
	5-10	4,73	2,43	39,67	1,60	0,60	0,52	6,40	2,31	2,83	8,71	26,53	18,23	4,43	35,63	1,06	340,67	113,67	9,33	536,00
	10-20	4,56	1,97	33,67	1,33	0,51	0,71	6,13	1,92	2,63	8,05	23,87	27,10	3,40	31,33	1,10	277,00	110,00	27,00	586,00
	20-40	4,60	1,17	21,33	0,96	0,44	0,88	5,87	1,45	2,33	7,32	20,00	37,77	2,33	27,87	1,11	232,33	105,33	24,67	637,67
G IV	0-5	6,40	9,83	137,67	13,80	3,24	0,00	3,40	17,39	17,39	20,79	83,60	0,00	13,35	41,33	0,88	100,33	82,00	182,00	635,33
	5-10	6,31	7,90	121,67	11,04	2,88	0,00	3,27	14,23	14,23	17,50	81,27	0,00	9,30	40,40	0,97	97,00	71,67	193,33	638,00
	10-20	6,35	9,40	136,33	8,07	2,43	0,00	2,90	10,85	10,85	13,75	79,07	0,00	5,38	34,37	1,07	128,50	75,00	151,00	645,00
	20-40	6,02	7,10	135,67	6,55	2,28	0,00	3,87	9,19	9,19	13,05	70,40	0,00	2,84	32,17	1,10	118,67	66,67	147,67	668,00

G I = Parcelas P2, P4, P5, P6, P7, P8, P10 e P12; G II = Parcelas P9 e P11; G III = Parcela P1 e G IV = parcela P3.

Em que: P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; SB = soma de bases; t = capacidade de troca de cátions efetiva = T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V% = percentagem de saturação por bases; m = percentagem de saturação por alumínio; MO = matéria orgânica; P_{-rem} = fósforo remanescente; Dens = densidade; A. Grossa = areia grossa; A. Fina = areia fina

4.2 ESTOQUE DE CARBONO DA RPPN CAFUNDÓ

Os resultados de estoque de carbono do presente estudo (Tabela 1.7) foram semelhantes aos obtidos por Hickmann e Costa (2012) ao avaliarem a concentração e o estoque de carbono orgânico total no solo e nos agregados de um Argissolo Vermelho amarelo sob diferentes sistemas de preparo do solo e em um remanescente de floresta nativa. Os autores obtiveram médias de 14,49, 12,84, 10,29 e 8,80 Mg ha⁻¹ para as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente, para a floresta nativa, porém, diferentemente do presente estudo, utilizando para efeito comparativo em proporção ao estoque de carbono em camadas, nos cálculos, apenas 5 cm de espessura nas camadas 10-20 e 20-40 cm.

Valores superiores de estoque de carbono foram observados por Rangel e Silva (2007) nas camadas superficiais do solo, sendo observado estoque de 33,95 Mg ha⁻¹ na camada 0-10 cm de profundidade, 16,20 Mg ha⁻¹ na camada de 10-20 cm e 40,45 Mg ha⁻¹ na camada de 20-40 cm em uma Floresta Estacional Semidecidual em Lavras, MG. Cardoso et al. (2010) verificaram maior estoque de carbono orgânico para um remanescente de Floresta Semidecidual com relação a outros ecossistemas nativos como um remanescente de cerrado e pastagem nativa sem pastejo, obtendo média de 22,04 Mg ha⁻¹ de carbono orgânico na camada de 0-10 cm de solo.

As menores médias de estoque de carbono avaliadas foram de 12,31 Mg ha⁻¹ nas parcelas P2 e P4; 6,76 Mg ha⁻¹ na parcela P8; 11,64 Mg ha⁻¹ na parcela P7 e 8,60 Mg ha⁻¹ na parcela P5 para as camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Segundo Alho et al. (2014) e Novaes Filho et al. (2007) o estoque de carbono, mesmo dentro de pequenos espaços e com característica de relevo, cor de solo e vegetação semelhantes podem variar de um local de coleta para o outro, tal como aconteceu no presente estudo.

Rangel e Silva (2007) e Scheer et al. (2011) afirmaram que o maior estoque de carbono do solo pode ser proporcionado pela maior densidade dos solos, o que não foi verificado no presente estudo, pois se avaliou menor densidade nas parcelas com maior concentração de carbono orgânico o que gerou maiores estoques de carbono, principalmente na parcela P3.

Em geral, as parcelas analisadas possuem similaridade para o estoque de carbono em todas as camadas de solo, excetuando a parcela P3 que obteve o maior estoque de carbono na camada de 0-40 cm ($129,64 \text{ Mg ha}^{-1}$). Em estudo realizado por Santos (2012) na profundidade amostrada de 0-40 cm, o maior estoque de carbono orgânico ocorreu na área de mata com $106,9 \text{ Mg ha}^{-1}$. Já Rangel e Silva (2007) observaram estoque de carbono para mata nativa de $90,60 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a camada de 0-40 cm. Cardoso et al. (2010) observaram estoque de carbono orgânico na camada de 0-40 cm de $61,72 \text{ Mg ha}^{-1}$ e Leite et al. (2003) encontraram $63,95 \text{ Mg ha}^{-1}$ na camada de 0-20 cm para uma área nativa da floresta atlântica.

Para todas as camadas de estudo houve diferença significativa entre as parcelas coletadas para o estoque de carbono, indicando efeito da vegetação e dos diferentes locais coletados sobre as variáveis analisadas. O maior estoque de carbono do solo encontrado na parcela P3 pode estar relacionado à maior dominância absoluta avaliada para essa parcela e à baixa riqueza de espécies, inferindo que o material vegetal depositado nessa parcela possui maior decomposição e conseqüentemente maior retorno de matéria orgânica ao solo.

Além disso, os diferentes relevos e características de vegetação de cada parcela também podem influenciar no estoque de carbono do solo. O maior estoque de carbono avaliado na parcela P3 em todas as camadas coletadas e conseqüentemente na camada de 0-40 cm pode ter influência da localização e característica da parcela como sendo de baixada com ocorrência de deposição no período chuvoso do ano. Em geral, são atribuídos para os locais mais baixos da paisagem os maiores acúmulos de matéria orgânica no solo (RESCK et al., 2008).

Os valores acentuados de matéria orgânica proporcionada pela mata nativa são provenientes das deposições contínuas e variadas de diversos materiais orgânicos com diferentes graus de decomposição, oriundos da maior diversidade de espécies. Estudos realizados por Leite et al. (2003), Rangel e Silva (2007), Hickmann et al. (2012) e Barros et al. (2013) que avaliam os efeitos no estoque de carbono de diferentes coberturas e sistemas de uso e manejo com relação aos solos de fragmentos nativos, mostram que as concentrações e estoques de carbono do solo diminuíram da condição de mata para as demais formas de uso e manejo da terra, mostrando a importância da conservação dos ambientes naturais.

5. CONCLUSÕES

O solo do fragmento da floresta em estudo no geral possui textura arenosa com caráter pouco ácido de média a baixa fertilidade. Porém, em três parcelas (P1, P3 e P9) possuem solos argilosos e com variação nos atributos químicos, principalmente, pH, fósforo, alumínio e cátions básicos, formando um mosaico devido às diferentes características quanto aos atributos químicos e físicos.

Com base na análise de componentes principais para cada camada de solo, as variações dos atributos químicos e físicos permitiram que apenas dois componentes principais fossem suficientes para explicar a variação dos dados.

Com base na análise de agrupamento e dos resultados dos atributos químicos e físicos do solo foram identificados quatro grupos de parcelas: O GI é formado por solos com textura arenosa, elevado pH e altas concentrações de P; O GII formado por parcelas com textura argilosa, baixa concentração de P e presença de Al^{3+} nas camadas mais profundas; O GIII possui maior densidade, baixo pH e menores concentrações de cátions trocáveis; e o GIV é caracterizado por textura argilosa e com elevada concentração de matéria orgânica e de cátions trocáveis.

O estoque total médio de carbono orgânico do solo na camada de 0-40 cm do fragmento foi de $62,21 \text{ Mg ha}^{-1}$. A variabilidade espacial altera os estoques de carbono orgânico do solo no fragmento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, L. C.; CAMPOS, M. C. C.; SILVA, D. M. P.; MANTOVANELLI, B. C.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 3, p. 246-254, 2014.

ANDRADE, A. T.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, N. V. Relação da aplicação de resíduos orgânicos, calcário e gesso com a adsorção de fósforo em solos de várzea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Paraná. **Anais...** Paraná: SBCS, 2001: 1 CD ROOM.

AQUINO, B. F. **Conceitos fundamentais em fertilidade do solo**. Fortaleza: UFC, 2004.182p. Apostilas Didáticas.

ARCHANJO, K.M.P.A. **Análise florística e fitossociológica de fragmento florestais de mata atlântica no sul do Estado do Espírito Santo**. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.

ARCHANJO, K.M.P.A.; SILVA, G.F.; CHICHORRO, J.F.; SOARES, C.P.B. Estrutura do componente arbóreo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil. **Floresta**, v.42, n.1, p.145-160, 2012.

BARROS, J. D. de S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; FARIAS, C. H. A.; PEREIRA, W. E. Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de manejo do solo, nos tabuleiros costeiros paraibanos. **Revista Caatinga**. v. 26, n. 1, p. 35-42, 2013.

BENITES, V. M. et al. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de mata Atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 685-690, 2010.

BERGHER, I. S. **Estratégias para edificação de micro-corredores ecológicos entre fragmentos de Mata Atlântica no Sul do Espírito Santo**. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.

BURAK, D. L.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob cafeeiro Conilon: relação com textura, matéria orgânica e relevo. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p.538-547, 2012.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURI, N.; FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 45, v. 9, p. 1028-1035, 2010.

CARNEIRO, B. M.; BERNINI H.; SILVA A. G. Perspectivas de conexão entre fragmentos florestais do Corredor Ecológico Burarama-Pacotuba-Cafundó, na Mata

Atlântica do Espírito Santo, através de recomposição de Áreas de Proteção Permanente de cursos d'água. **Natureza on line**, v. 11, n. 1, p. 20-28, 2013.

CARNEIRO, M. A. C., SOUZA, E. D.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARRERA, A. L.; MAZZARINO, M. J.; BERTILLER, M. B.; DEL VALLE, H. F.; CARRETERO, E. M. Plant impacts on nitrogen and carbon cycling in the Monte Phytogeographical Province, **Argentina**. **Journal of Arid Environments**, v. 73, p. 192-201, 2009.

CHAVES, L. H. G et al. Adsorção de fósforo em materiais de latossolo e argissolo. **Caatinga**, v.20, n.3, p.104-111, 2007

CRUZ, C. D; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV, 2001, 390p.

DADALTO, G.G.; FULLIN, E.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo** 4ª aproximação. Vitória, ES: SEEA/INCAPER, 2001. 266p.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J.W.; CELEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. EMBRAPA-CNPQ, Rio de Janeiro, Brasil, 1997.

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

ESPIG, S. A. et al. Distribuição de nutrientes entre a vegetação florestal e o solo em fragmento de mata Atlântica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 132-137, 2008.

FERNANDES GUARESCHI, R.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G.; ANJOS, L. H. C. DOS; CORREIA, M. E. F. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais de floresta estacional. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 113, n. 1, p. 47-56, 2014.

FERREIRA, S. J. F. et al. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 1, p. 59-68, 2006.

FONTANA, A.; SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BRITO, R.J.; BENITES, V.M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 33 p. 545-550, 2011.

FUJII, K.; HARTONO, A.; FUNAKAWA, S.; UEMURA, M.; SUKARTININGSIH KOSAKI, T. Acidification of tropical forest soils derived from serpentine and sedimentary rocks in East Kalimantan, Indonesia. **Geoderma**. v. 160, p. 311-323. 2011.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.;COMERFORD, N.B. Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in Southeastern Bahia, **Revista Brasileira de Ciência Solo**, n. 31, p. 287-298, 2007.

GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1521-1530, 2008.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA. M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; VIERA, M. Fertilidade do solo e nutrientes na serapilheira em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.1, n.3, p. 97-109, 2013.

GONÇALVES, G. K.; MEURER, E. J.; BORTOLON, L.; GONÇALVES, D. R. N. Relação entre óxidos de ferro e de manganês e a sorção de fósforo em solos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 1633-1639, 2011.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 528p.

GUPPY, C. N. N. W.; MENZIES, P. W.; MOODY, F.P.C. B. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. **Australian Journal of Soil Research**. v. 43, p. 189-202, 2005.

HICKMANN, C; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.10, p.1055–1061, 2012

IBGE. **Projeto RADAM**. V.34. Folha SE 24 Rio Doce. Rio de Janeiro, 1987. 540 p.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. v.2. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.

INCAPER. **Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural**. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/caracterizacao/cacho_itap_carac.php> Acesso em: 07 set. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS DA MATA ATLÂNTICA. **Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo**: Cobertura florestal e unidades de conservação (Programa Centros para a Conservação da Biodiversidade - Conservação Internacional do Brasil) / IPEMA. Vitória: IPEMA, 2005. 152 p.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis**. London: Behaven Press., 1992. 363p.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 821-832, 2003.

MACHADO, P. L. O. A.; CAMPOS, A. C.; SANTOS, F. S. **Método de Preparo de Amostras e de determinação de Carbono em Solos Tropicais**. Circular Técnica - Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2003.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de P em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, v.27, p.70, 2011.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte, MG: Ed. UFMG, 2007. 297 p.

MIRANDA, C. do C.; CANELLAS, L. P.; TRINDADE NASCIMENTO, M. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 31, n. 5, 2007.

NOVAES FILHO, J.P.; SELVA, E. C.; COUTO, E. G.; LEHMANN, J.; JOHNSON, M. S.; RIHA, S. J. Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na amazônia meridional. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p. 83-92, 2007.

ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

OSTERTAG, R. Effects of nitrogen and phosphorus availability on fine root dynamics in Hawaiian montane forests. **Ecology**, v. 82, n. 2, p. 485–499, 2001.

PESSOA, F. A.; CESÁRIO, F. V. CASTRO JUNIOR, E. A utilização de características químicas do solo na análise funcional ecossistêmica de fragmentos florestais: estudo de caso na bacia hidrográfica do bonfim, região serrana do Rio de Janeiro. **Revista Geonorte**, v.3, n.4, p. 402-414, 2012.

PEZZOPANE, J. E. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A. **Agrometeorologia**: aplicações para o Espírito Santo. 1. ed. Vitória: UFES, 2012. 178p.

PONGE, J.-F.; CHEVALIER, R. Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. **Forest Ecology and Management**, v. 233, n. 1, p. 165-175, 2006.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

RANGEL, O.J.P.; SILVA C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 1609-1623, 2007.

RESCK, D.V.S.; FERREIRA, E.A.B.; FIGUEIREDO, C.C.; ZINN, Y.L. **Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Editores). Fundamentos da matéria orgânica do solo – Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. revisada e atualizada – Porto Alegre: Metropole, 2008. 654p.

RODRIGUES, A. B. C.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; SCARAMUZZA, J. F.; ROCHA, F. Atributos químicos em solo sob floresta nativa e capoeira. **Uniciências**, v.14, n.1, p.23-38, 2010.

SALGADO, B. G. et al. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p. 343-349, 2006.

SANTOS, L. L. **Carbono orgânico do solo: efeito da posição na paisagem e do reflorestamento em sucessão ao cafeeiro no oeste de Minas Gerais**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

SANTOS, H. P. dos; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; KOCHANN, R. A.; ÁVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, v. 67, n. 2, 2008.

SANYAL, S. K.; De DATTA, S. K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Soil Science**, v.16, p.1-120, 1991.

SCHEER, M.B.; CURCIO, G.R.; RODERJAN, C.V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 35, p. 1113-1126, 2011.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J. M.; CARVALHO, A. M. Rotação adubo verde - milho e adsorção de fósforo em Latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.6, p.649-654, 1997.

SILVA, R. C.; PEREIRA, J. M.; ARAÚJO, Q. R.; PIRES, A. J. V.; DEL REI, A. J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um Chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.101-107, 2007.

Sistema Nacional de Dados Ambientais.
<<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/metadados.jsp?uf=7&id=31958&tipo=AGROMET>>.
Acesso em: 15 de agosto de 2014.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 975-983, 2006.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v.6 2, n. 1, p. 111-118, 2003.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VILAR, C. C.; COSTA, A. C. S.; HOEPERS, A.; SOUZA JUNIOR, I. G. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1059-1068, 2010.

ZANELLA, A. et al. A European morpho-functional classification of humus forms. **Geoderma**, v. In Press, Corrected Proof, 2011.

CAPÍTULO II

PRODUÇÃO, ACÚMULO E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMONTANA

Produção, acúmulo e nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana

RESUMO

Este estudo teve como objetivo estimar a produção e o acúmulo de serapilheira, bem como o retorno de nutrientes ao solo de uma Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. As amostragens de serapilheira depositada e acumulada foram realizadas em doze parcelas. Em cada parcela foram distribuídos cinco coletores de serapilheira depositada, de maneira sistemática. As amostras de serapilheira depositada foram realizadas mensalmente durante os meses de abril/ 2013 a março/2014. As amostras passaram por processo de triagem nas frações folhas/miscelânea e galhos. Para a amostragem da serapilheira acumulada, em cada parcela de estudo, foram coletadas mensalmente sobre o piso da floresta, doze amostras de serapilheira acumulada. As análises químicas compreenderam na obtenção das concentrações mensais de macronutrientes, micronutrientes e carbono orgânico (CO) da serapilheira depositada e acumulada. A quantidade de nutrientes e carbono orgânico ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) da serapilheira depositada e acumulada foram obtidos a partir da biomassa seca ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) e das concentrações dos nutrientes (g kg^{-1} e mg kg^{-1}) da serapilheira. A eficiência no uso de nutrientes (EUN) foi calculada para cada fração e para o total depositado. Para a serapilheira depositada o aporte ocorreu durante todo período de doze meses de estudo (abril/13 a março/14) com um total depositado de $7.627,71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, mas com sazonalidade marcada no período seco. A ordem de eficiência na utilização dos macronutrientes e micronutrientes foram: $\text{P} > \text{S} > \text{Mg} > \text{K} > \text{N} > \text{Ca}$ e $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Fe} > \text{Mn}$, respectivamente. O cálcio foi o macronutriente e o manganês o micronutriente encontrado em maiores concentrações e quantidades em todas as frações do estudo. Os maiores acúmulos de serapilheira ocorreram nos meses de abril e setembro de 2013. O valor estimado da taxa de decomposição (k) foi de 1,40. A quantidade de macro e micronutrientes na serapilheira acumulada seguiu a seguinte ordem decrescente: $\text{Ca} > \text{N} > \text{Mg} > \text{K} > \text{S} > \text{P}$ e $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Cu}$, respectivamente.

Palavras-chave: Ciclagem biogeoquímica; decomposição; deposição foliar.

**Production, accumulation and nutrients in litter in a fragment of Submontane
Seasonal Semideciduous Forest, ES**

ABSTRACT

This study aimed to estimate the production and litter accumulation, as well as the return of the nutrients to the soil of a Submontane Seasonal Semideciduous Forest, ES. The deposited and accumulated litter samples were collected in twelve permanent plots of 20 m x 50 m. In each plot were distributed five deposited litter collectors, with 0,75 m of hand, systematically. Samples of litter produced were performed monthly during the period from April 2013 to March 2014, including one year of study. The samples were screened process in the fractions leaves/miscellany and branches. Sampling of accumulated litter, in each portion of the study, were collected monthly on the forest floor, twelve samples of accumulated litter. After weighing, the deposited and accumulated litter samples were estimated to kilograms per hectare (kg ha^{-1}). Chemical analyzes understood in obtaining monthly concentrations of macronutrients, micronutrients and organic carbon (CO) of the deposited and accumulated litter. The amount of nutrients and organic carbon ($\text{kg ha}^{-1} \text{ month}^{-1}$) of the deposited and accumulated litter were obtained from the dry biomass ($\text{kg ha}^{-1} \text{ month}^{-1}$) and nutrient concentration (g kg^{-1} and mg kg^{-1}) litter, in addition, the nutrient use efficiency (EUN) was calculated for each fraction and the total amount deposited. The non-parametric Friedman test was applied ($p < 0.05$) to compare the seasonal variation of the contribution and accumulation throughout the year. The comparison between the mean contribution and the annual accumulation of twelve installments was performed by the nonparametric Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$). For the litter deposited is noted that the contribution occurred continuously during the twelve-month study (April/13 to March/14) with a total deposit of 7.627,71 $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, but with seasonality marked to the dry and wet period. The order of the efficiency of macronutrients and micronutrients were: $\text{P} > \text{S} > \text{Mg} > \text{K} > \text{N} > \text{Ca}$ and $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Fe} > \text{Mn}$, respectively. Calcium was the macronutrient and the manganese was the micronutrient found in higher concentrations and quantities of all the fractions of the study. The largest litter accumulations occurred in the months of April and September 2013, and the concentration and the amount of macro and

micronutrients in the accumulated litter followed the following descending order: Ca> N> Mg> K> S> P and Fe> Mn > B> Zn> Cu, respectively.

Keywords: Nutrient cycling; decomposition; leaf deposition.

1. INTRODUÇÃO

A ciclagem biogeoquímica é representada principalmente pela dinâmica da serapilheira e possui grande importância para a funcionalidade dos ecossistemas florestais, principalmente para as zonas tropicais onde a vegetação está estabelecida sobre solos altamente intemperizados.

O estudo do ciclo de nutrientes em ecossistemas florestais é importante, pois possibilita o monitoramento de situações que poderiam ser críticas a médio e longo prazo, em relação à produtividade e às características do solo inferindo sobre os efeitos do desmatamento sobre o ecossistema. Dada a relevância da ciclagem de nutrientes para os ecossistemas florestais, diversos autores têm realizado trabalhos sobre a deposição, decomposição da serapilheira e o fluxo de nutrientes ao solo, buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade de sítios degradados em recuperação (BALIEIRO, et al., 2004; FERREIRA et al., 2007; PIOVESAN et al., 2012; SCHUMACHER et al., 2008; SOUZA; DAVIDE, 2001).

Os ecossistemas florestais apresentam deposição de material vegetal contínuo no decorrer do ano, sendo que a quantidade de serapilheira produzida nas diferentes épocas depende da formação florestal estudada. Além disso, a serapilheira depositada também pode variar dentro de um mesmo tipo de vegetação, dependendo dos diferentes graus de perturbações encontrados dentro do mesmo fragmento florestal. Da mesma forma, uma série de fatores bióticos e abióticos pode influenciar na deposição de material vegetal, como a: latitude, altitude, temperatura, precipitação, estágio sucessional, herbivoria, disponibilidade hídrica, estoque de nutrientes do solo, umidade do solo e vento (DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1997).

Com isso, neste capítulo objetivou-se estimar a produção e o acúmulo anual de serapilheira, bem como a dinâmica de nutrientes de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A localização, descrição da área de estudo e das parcelas estudadas e as características climáticas do período de estudo estão inseridas no item 2.1 do Capítulo I, desta dissertação.

2.1 SERAPILHEIRA DEPOSITADA

A amostragem de serapilheira depositada foi realizada em doze parcelas demarcadas para o estudo florístico e fitossociológico referentes à vegetação arbórea, realizado por Archanjo et al. (2012). No estudo adotou-se o método de parcelas de área fixa de 20 x 50 m, as quais estão distribuídas de maneira sistemática no campo.

Em cada parcela foram distribuídos cinco coletores de maneira sistemática, sendo alocado um coletor próximo a cada vértice e um de forma centralizada dentro da parcela, totalizando 60 coletores em toda área. Os coletores foram dispostos 5 metros distantes do limite da parcela e confeccionados com material de PVC no formato quadrado (ARATO et al., 2003; CASTRO, 2014) com 0,75 m de lado e 1 m de altura do solo, com telas de nylon de 2 mm (Figura 2.1). As coletas de serapilheira depositada foram realizadas mensalmente durante os meses de abril de 2013 a março de 2014, compreendendo um ano de estudo.



Figura 2.1- Coletor de serapilheira depositada confeccionado em estrutura de pvc com tela de nylon. (A) montagem do coletor; (B) imagem superior, (C) amostra de serapilheira depositada e (D) coleta de serapilheira depositada.

Em campo, o material depositado dentro de cada coletor foi coletado a cada 30 dias e as amostras acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados. Após a coleta, as amostras passaram por processo de triagem nas frações folhas/miscelânea e galhos. A fração folhas/miscelâneas foi constituída de folhas verdes, secas e em estado de decomposição, material reprodutivo, frutos e demais materiais vegetais para os quais não foi possível identificar a origem do material e a fração galhos é composta apenas de galhos com diâmetro menor que 2 cm e casca.

Para obtenção da biomassa seca, as amostras de serapilheira depositada foram transferidas para sacos de papel kraft devidamente identificados, e em seguida colocadas em estufa de circulação de ar forçado a 65°C até alcançar peso constante, para posteriormente serem pesadas em balança analítica.

Após a pesagem, foi realizado o cálculo da serapilheira depositada em quilograma por hectare (kg ha^{-1}). Em seguida, foram trituradas em moinho do tipo Willey, passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas para subsequente análise química (TEDESCO et al., 1995).

2.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA

Para quantificar a serapilheira acumulada, em cada uma das 12 parcelas de estudo, foram coletadas mensalmente sobre o piso da floresta, 12 amostras de serapilheira acumulada, de forma aleatória, com o auxílio de um gabarito de madeira de 0,25 x 0,25 m, totalizando 144 amostras por mês (Figura 2.2).



Figura 2. 2 - (A) Gabarito para coleta de serapilheira acumulada e (B, C, D) coleta da serapilheira acumulada.

Em campo, cada amostra de serapilheira acumulada foi colocada, separadamente, em sacos plásticos devidamente identificados. Após a coleta, as amostras foram transferidas para sacos de papel kraft devidamente identificados e, por fim, colocadas em estufa de circulação e renovação de ar a 65°C até alcançar peso seco constante, para obtenção do peso seco das amostras.

A quantidade de serapilheira acumulada foi quantificada para quilograma por hectare (kg ha^{-1}). Em seguida, foram trituradas em moinho do tipo Willey, passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas em frascos de vidros para subsequente análise química (TEDESCO et al., 1995).

2.3 ESTUDO DA DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

Para estimar indiretamente a taxa instantânea de decomposição (k), calculou-se a relação entre a serapilheira anual produzida (L) e a serapilheira acumulada (X_{ss}), segundo Equação 2.1 proposta por Olson (1963).

$$K = \frac{L}{X_{ss}} \quad (2.1)$$

Em que:

k = é a constante de decomposição;

L = é a produção anual de serapilheira (kg ha^{-1}); e

X_{ss} = é a média anual de acúmulo de serapilheira sobre o solo (kg ha^{-1}).

Para calcular o tempo necessário para decomposição de 50% e 95% do material, foram utilizadas as seguintes equações (SHANKS; OLSON, 1961):

$$T_{50\%} = 0,693/K$$

$$T_{95\%} = 3/K$$

2.4 QUANTIDADE DE NUTRIENTES E CARBONO ORGÂNICO DO MATERIAL VEGETAL

Para análise química do aporte de serapilheira mensal as amostras foram homogeneizadas entre os coletores para a obtenção de três amostras representativas por mês de cada fração separada. Para o acúmulo de serapilheira, o material mensal foi homogeneizado e separado em três amostras compostas por mês.

As análises químicas para obtenção dos valores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, B) e carbono orgânico (CO) da

serapilheira depositada e acumulada foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

A quantidade de nutrientes e carbono orgânico ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) da serapilheira depositada e acumulada foram obtidas a partir da biomassa seca ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$), e das concentrações dos nutrientes (g kg^{-1} e mg kg^{-1}) da serapilheira, fornecendo a quantidade total dos mesmos. A quantidade dos macronutrientes e carbono orgânico contidos na serapilheira e transferidos para o solo via deposição foi estimada pela Equação 2.2 (CUEVAS; MEDINA 1986):

$$\text{QNT} = [\text{Nutriente}] \times \text{BSD} \quad (2.2)$$

Em que:

QNT = Quantidade de nutrientes transferidos para o solo ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$);

[] = Concentração do nutriente na serapilheira (g kg^{-1});

BSD = Biomassa seca da serapilheira depositada (kg ha^{-1}).

Além disso, a eficiência no uso de nutrientes (EUN) foi calculada para cada fração (Equação 2.3) e para o total depositado, por meio da razão entre a massa seca e a quantidade de nutrientes na serapilheira.

$$\text{EUN} = \text{LF}/\text{NF}. \quad (2.3)$$

Em que:

LF = massa seca da serapilheira produzida ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), LF = quantidade de nutrientes na serapilheira produzida ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) (VITOUSEK 1982).

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS

A partir dos dados obtidos, foram calculados conforme Lopes et al. (2002) os valores médios mensais e anuais e os seus respectivos desvios padrões e coeficientes de variação das concentrações e quantidades de serapilheira produzida

(total e frações) e acumulada, bem como, a quantidade de nutrientes transferidos ao solo pelos dois compartimentos. Foram, também, calculados a porcentagem de contribuição de cada fração na serapilheira produzida.

Por não se adequar às premissas para a aplicação da estatística clássica por meio de análise paramétrica, e por não se enquadrar em nenhum modelo de delineamento experimental, optou-se pela realização da análise dos dados por meio de testes não paramétricos (DICKOW et al., 2012; FERNANDES et al., 2007; MATOS; COSTA, 2012; NASCIMENTO, 2008).

Foi realizada a aplicação do teste não paramétrico de Friedman ao nível de 5% de probabilidade de erro para comparar a variação sazonal do aporte e do acúmulo ao longo do ano. A comparação entre os valores médios do aporte e do acúmulo anual das doze parcelas foi realizada pelo teste não paramétrico de comparações múltiplas de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Para avaliar a influência de fatores climáticos no processo de produção e acúmulo de serapilheira ao longo dos doze meses, foi calculada a matriz de correlação de Pearson entre produção ou acúmulo de serapilheira e as variáveis climáticas temperatura mínima, máxima e média e precipitação. Para as análises foi utilizado o programa Assistat (SILVA e AZEVEDO, 2002).

3. RESULTADOS

3.1 SERAPILHEIRA DEPOSITADA

3.1.1 Produção e composição de serapilheira na RPPN Cafundó

Verifica-se, na Tabela 1.2 (pág. 25), que as parcelas apresentam características estruturais e de colonização vegetais distintas entre si, e, na Tabela 2.1 que a produção de serapilheira total entre as parcelas amostrais variou de 6.221,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a 8.889,1 kg ha⁻¹ ano⁻¹, não diferindo estatisticamente entre si. Esta variação não foi expressiva em relação à média anual de 7.627,71 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira total depositada, tendo em vista que não houve diferença significativa de aporte anual de serapilheira entre as parcelas. A fração folhas/miscelânea aportou 6.072,61 kg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto a fração composta pelos galhos menores que 2 cm contribuiu com 1.555,1 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 2.1 - Aporte médio e total por parcela da serapilheira depositada em doze meses na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Parcela	Folhas/miscelânea	Galhos	Total
P1	5.663,4 ns ¹	1.397,0 ns	7.060,3 ns
P2	6.802,3 ns	1.599,3 ns	8.401,6 ns
P3	6.956,9 ns	1.621,6 ns	8.578,4 ns
P4	7.162,0 ns	1.572,5 ns	8.734,4 ns
P5	6.386,1 ns	1.650,5 ns	8.036,6 ns
P6	5.138,6 ns	1.216,9 ns	6.355,6 ns
P7	6.013,6 ns	1.408,3 ns	7.421,9 ns
P8	6.819,9 ns	1.415,4 ns	8.235,3 ns
P9	4.697,6 ns	1.523,9 ns	6.221,4 ns
P10	5.326,7 ns	1.598,8 ns	6.925,5 ns
P11	6.540,3 ns	2.348,8 ns	8.889,1 ns
P12	5.364,0 ns	1.308,2 ns	6.672,2 ns
Total (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	6.072,61	1.555,1	7.627,7
Contribuição (%)	79,61*	20,39	100

* porcentagem da fração em relação ao total depositado

¹ns = não significativo segundo o teste de Kruskal Wallis (p≤0,05).

A deposição de serapilheira total no período de estudo (abril/2013 a março/2014) (Figura 2.3), apresentou variação estatística entre os meses. Nota-se que as menores deposições de serapilheira foram verificadas durante a estação chuvosa, ao passo que as maiores, ocorreram durante o período seco do ano e o

início do período chuvoso, quando a temperatura média mensal e a precipitação estavam em elevação.

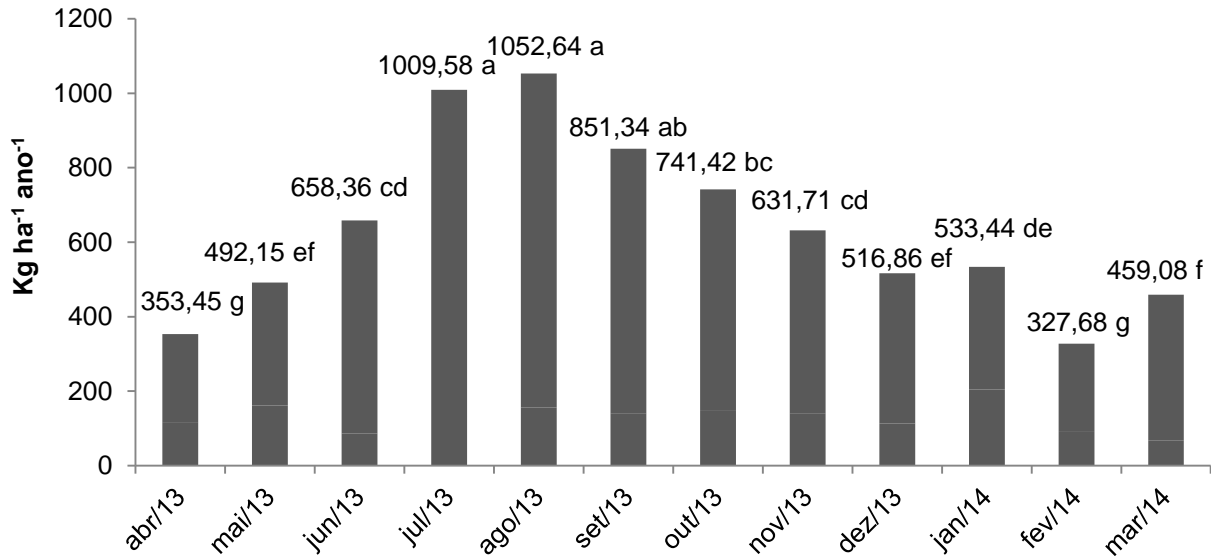


Figura 2.3 – Média da deposição total mensal na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

*Valores seguidos pela mesma letra nas barras, são estatisticamente iguais pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$).

Durante os meses de estudo pode-se observar uma sazonalidade na deposição da serapilheira total, com pico de deposição de 1.052,64 Kg ha⁻¹ mês⁻¹ (agosto/2013), não diferindo estatisticamente dos meses julho/2013 e setembro/2013.

Com relação às frações do material formador de serapilheira, observou-se que, independente do mês de coleta, a fração folhas/miscelânea foi a que mais contribuiu para o aporte total (79,61%), principalmente na estação seca e início da estação chuvosa (junho a outubro de 2013) (Figura 2.4). A deposição relativa mensal de serapilheira por fração (Folhas/miscelânea e galhos), no período de estudo, mostra que a fração folhas/miscelânea determinou a característica da curva de deposição, pelo fato de apresentar em todos os meses de coleta, maior contribuição em porcentagem quando comparada a fração galhos.

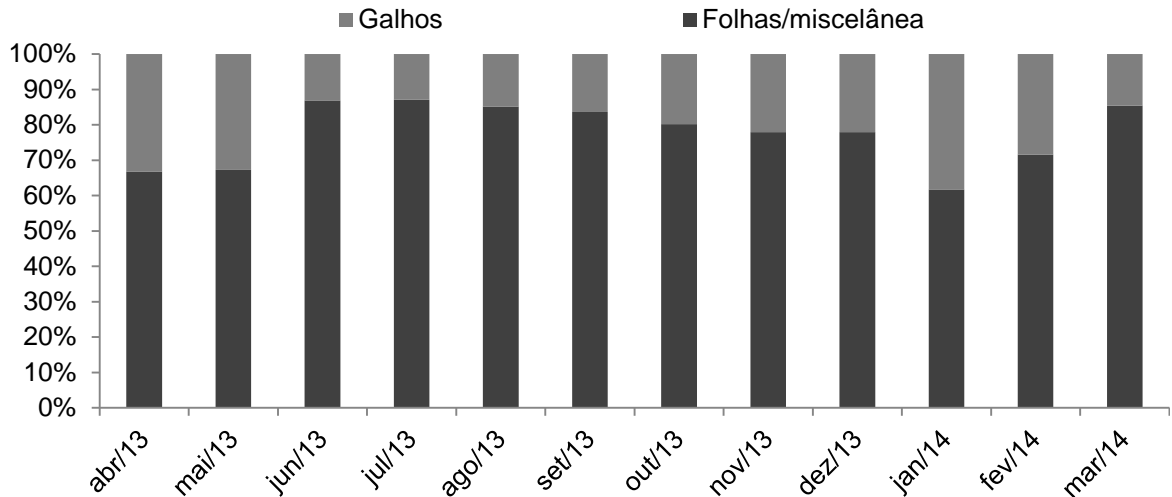


Figura 2.4 - Relação mensal de deposição entre a fração galhos e a fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Considerando a produção de folhas/miscelânea em valores absolutos, observa-se que houve variação significativa durante o período de estudo, sendo estatisticamente superior nos meses de julho, agosto e setembro de 2013, o que comprova o padrão sazonal de produção do principal material formador da serapilheira (Figura 2.5).

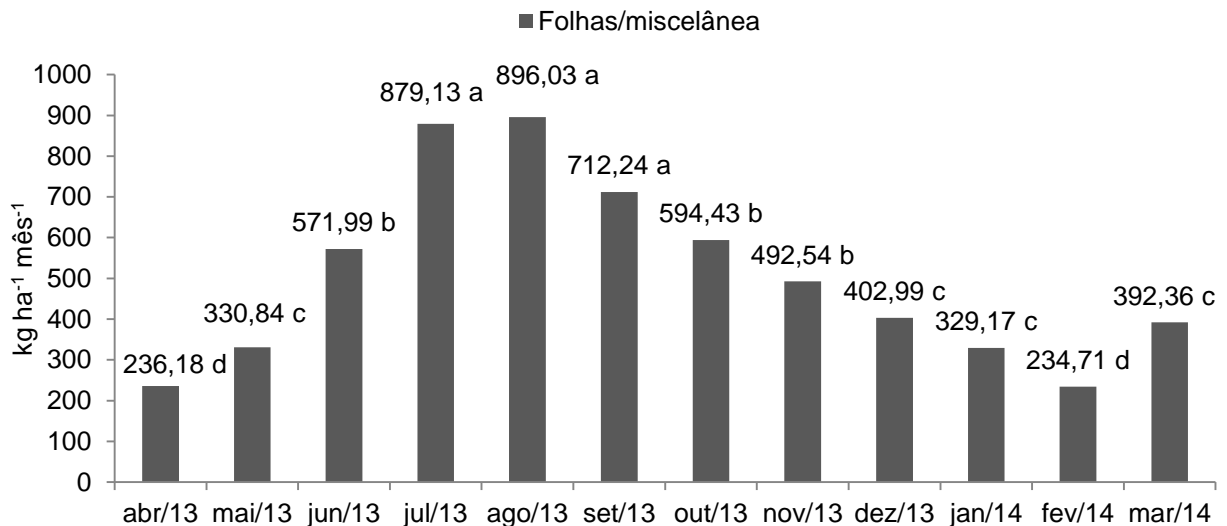


Figura 2.5 - Deposição mensal da fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

*Valores seguidos pela mesma letra nas barras, são estatisticamente iguais pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$).

Embora a contribuição de galhos seja significativa para a produção da serapilheira total, esta não apresentou padrão sazonal em sua produção no

decorrer deste estudo, tendo deposição variável ao longo do ano ($66,71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $204,27 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$).

As maiores deposições ocorreram nos meses de maio/13, agosto/2013, outubro/2013, novembro/2013 e janeiro/2014 e as menores deposições de material lenhoso ocorreram nos meses de junho/2013 ($86,37 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$), fevereiro/2014 ($92,97 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) e março/2014 ($66,71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$).

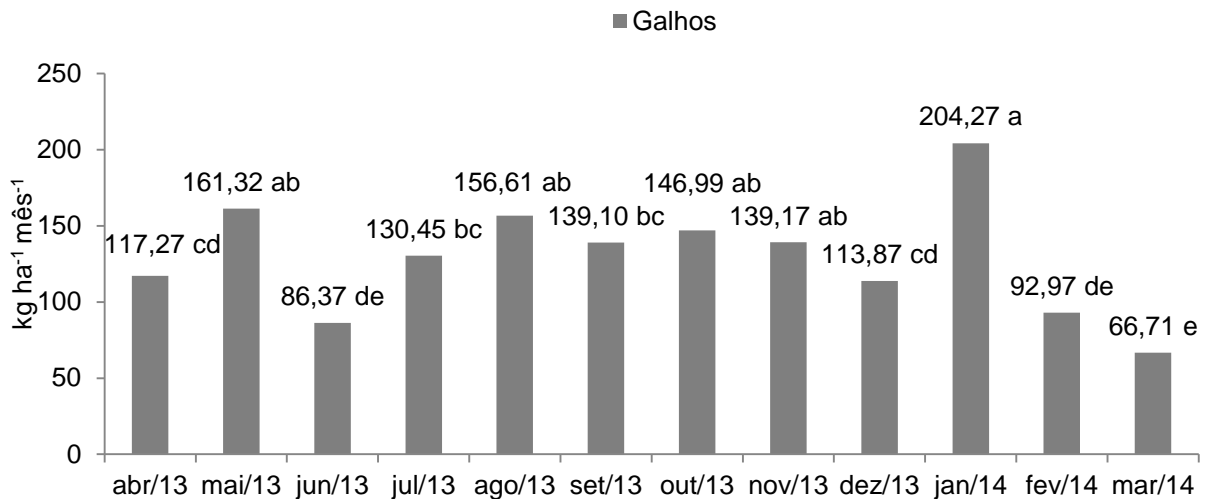


Figura 2.6 - Deposição mensal da fração galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

*Valores seguidos pela mesma letra nas barras, são estatisticamente iguais pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$).

Nos períodos de maior deposição, houve distinção entre a curva de deposição e dos fatores climáticos considerados (Tabela 2.2), assim, a maioria das correlações entre variáveis climáticas e produção da serapilheira não foram significativas.

Não foi constatada a influência das variáveis climáticas sobre a deposição de galhos, devido ao padrão de deposição obtido neste estudo. Apenas as correlações entre a temperatura mínima ou média e a deposição de folhas/miscelânea ou total foram significativas e negativas.

Tabela 2.2 - Correlação de Pearson para as frações da serapilheira ou aporte total com as variáveis climáticas temperaturas máxima, mínima e média, além da precipitação na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Fração	Temp. Máx.	Temp. Mín.	Temp. Média	Precipitação
Galhos	0,0980 ¹ ns	-0,1396 ns	-0,0314 ns	-0,1597 ns
Folhas/miscelânea	-0,5721 ns	-0,6451 *	-0,6590 *	-0,2195 ns
Total	-0,5358 ns	-0,6435 *	-0,6399 *	-0,2366 ns

¹coeficiente de correlação de Pearson; ns: Não significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$); * Significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$).

3.1.2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico da serapilheira depositada

Os picos de concentrações dos nutrientes e carbono foram variáveis entre cada elemento durante os meses do ano (Tabela 2.3). O nitrogênio, o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio foram os nutrientes que obtiveram maiores variações temporais em suas concentrações. Já as concentrações de enxofre e carbono orgânico apresentaram baixos valores de coeficiente de variação no período de estudo.

Tabela 2.3 - Concentrações de macronutrientes e carbono orgânico na fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Mês	N	P	K	Ca	Mg	S	CO	C/N
abr/13	23,55	1,09	9,89	32,78	4,39	1,48	52,39	22,25
mai/13	27,36	1,04	4,79	37,34	4,58	1,61	57,50	21,02
jun/13	24,26	1,28	7,81	40,14	4,92	1,72	52,81	21,77
jul/13	18,96	1,03	8,81	36,96	4,56	1,55	51,38	27,10
ago/13	19,11	1,05	6,00	43,25	4,73	1,39	51,63	27,01
set/13	19,89	0,75	4,39	40,09	4,00	1,43	51,59	25,94
out/13	19,58	1,23	6,00	48,01	4,88	1,62	50,13	25,60
nov/13	23,44	0,97	5,04	33,23	4,17	1,48	51,65	22,04
dez/13	22,20	0,99	5,60	37,10	3,58	1,63	51,84	23,35
jan/14	19,37	1,19	10,11	31,90	4,07	1,74	51,41	26,54
fev/14	23,34	1,03	4,97	26,79	3,92	1,48	51,29	21,97
mar/14	24,37	1,17	4,77	26,70	3,87	1,56	51,76	21,24
Media	22,12	1,07	6,52	36,19	4,31	1,56	52,11	23,82
s	2,93	0,26	2,28	8,61	0,61	0,15	3,33	2,41
CV (%)	13,22	24,05	35,00	23,78	14,08	9,69	6,38	10,13

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; CO = carbono orgânico; C/N = Relação carbono e nitrogênio.

O potássio apresentou grande amplitude de variação entre os macronutrientes (CV = 35,00%), com concentrações entre 4,39 e 10,11 g kg⁻¹, no período de estudo.

O cálcio mostrou tendência de aumento na concentração no período mais seco do ano. Com isso, as menores concentrações foram analisadas nos meses de fevereiro/2014 (26,79 g kg⁻¹) e março/2014 (26,70 g kg⁻¹), e as maiores no mês de outubro/2013 (48,01 g kg⁻¹). Para o magnésio as concentrações na fração folhas/miscelânea obtiveram-se valores situados dentro dos limites de 3,58 a 4,92 g kg⁻¹.

Considerando as médias das concentrações dos macronutrientes na fração folhas/miscelânea obteve a seguinte ordem decrescente de concentração: Ca > N > K > Mg > S > P.

Na fração galhos, foram observadas maiores variações nas concentrações dos nutrientes em relação à fração folhas/miscelânea. A menor variação de concentrações de nutrientes foi observada para o nitrogênio (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Concentrações de macronutrientes e carbono orgânico na fração galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Mês	N	P	K	Ca	Mg	S	C	C/N
	g kg ⁻¹						%	
abr/13	13,29	0,75	6,38	36,28	2,67	0,86	53,74	40,43
mai/13	12,47	0,54	2,79	37,92	2,84	0,91	53,82	43,16
jun/13	13,71	0,62	4,39	40,41	2,79	0,94	53,47	39,01
jul/13	10,36	0,48	4,29	37,52	2,10	0,77	53,86	52,00
ago/13	14,99	0,55	4,29	41,95	3,25	1,19	54,56	36,39
set/13	11,90	0,57	3,79	43,22	2,52	0,76	54,93	46,15
out/13	10,67	0,55	4,69	44,39	2,77	0,84	55,15	51,70
nov/13	13,09	0,47	2,58	43,71	2,05	0,70	53,52	40,90
dez/13	13,70	0,41	2,08	37,53	1,99	0,70	53,50	39,04
jan/14	13,29	0,56	3,29	39,45	1,92	0,82	54,00	40,62
fev/14	15,21	0,71	3,57	31,97	2,58	1,00	52,54	34,55
mar/14	16,60	0,70	3,26	33,27	2,52	0,96	52,40	31,57
Média	13,27	0,58	3,78	38,97	2,50	0,87	53,79	41,29
s	2,22	0,12	1,29	7,32	0,63	0,19	1,42	6,22
CV (%)	16,76	20,06	34,02	18,78	25,25	22,29	2,63	15,07

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; CO = carbono orgânico; C/N = Relação carbono e nitrogênio.

As concentrações de nutrientes na fração galhos foram comparativamente menores em relação à fração folhas/miscelânea, exceto para o cálcio que

apresentou maior concentração na fração galhos. Além disso, os galhos possuem maior porcentagem de carbono orgânico em sua composição.

O micronutriente em maior concentração considerando as duas frações estudadas (folhas/miscelânea e galhos) foi o manganês. Já a menor concentração foi analisada para o micronutriente cobre para ambas as frações. A fração folhas/miscelânea apresentou as maiores concentrações de todos os micronutrientes analisados, assim como observado para os macronutrientes com exceção do cálcio, indicando a importância qualitativa deste material também para o retorno de micronutrientes ao solo.

Tabela 2.5 – Concentrações de micronutrientes na fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Mês	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	mg kg ⁻¹				
abr/13	8,4333	217,5500	26,6833	226,5333	71,1183
mai/13	8,4333	272,3667	32,7667	456,3000	76,9253
jun/13	9,0500	208,7000	34,1167	222,0500	81,1327
jul/13	7,0833	194,1333	23,4500	237,5833	80,6350
ago/13	7,4833	220,5000	29,6333	351,7833	86,9263
set/13	8,3167	648,9667	33,0000	407,5000	98,3700
out/13	8,4167	207,0667	30,7000	321,2167	76,9997
nov/13	7,6500	205,5833	23,0000	314,4333	61,8997
dez/13	7,9333	199,6167	30,7333	256,4500	63,3093
jan/14	7,1333	171,4833	26,2500	189,5500	65,1857
fev/14	21,7333	276,7167	89,8167	370,3167	68,9153
mar/14	11,1000	280,5500	29,9667	394,4000	73,4497
Média	9,3972	258,6028	34,1764	312,3431	75,4056
s	5,1946	205,3056	24,9906	145,1017	12,7174
CV (%)	55,28	79,39	73,12	46,46	16,87

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro.

A concentração de micronutrientes, tanto na fração folhas/miscelânea (Tabela 2.5) quanto na fração galhos (Tabela 2.6) obtiveram maiores coeficientes de variação para todos os elementos em relação aos macronutrientes, principalmente para os micronutrientes ferro, zinco e manganês.

A ordem de concentração de micronutrientes na fração folhas foi de: Mn > Fe > B > Zn > Cu (Tabela 2.5) e para a fração galhos a ordem decrescente média de concentração de micronutrientes foi: Mn > Fe > Zn > B > Cu (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 – Concentrações de micronutrientes na fração galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Mês	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	mg kg ⁻¹				
abr/13	7,8000	170,1167	46,5167	140,7667	37,5667
mai/13	7,5833	138,5667	31,2667	160,4167	33,9147
jun/13	7,7667	122,8000	33,0333	127,2000	40,0360
jul/13	6,5167	71,8833	26,3833	94,1333	30,0793
ago/13	7,3167	164,0500	32,3167	254,4833	36,1107
set/13	7,2000	112,9833	31,8167	94,1500	36,2607
out/13	6,8000	104,6333	38,3667	127,5500	33,7953
nov/13	7,3167	100,9000	31,7167	110,1333	29,9423
dez/13	6,6833	91,5333	30,6833	141,4333	29,1327
jan/14	8,0500	131,0000	31,9833	124,6500	24,6227
fev/14	11,2333	188,7833	38,0833	154,7167	37,0263
mar/14	9,7000	180,0333	32,2833	152,5667	35,8650
Média	7,8306	131,4403	33,7042	140,1833	33,6960
s	1,6206	42,6783	7,3661	69,9219	5,1969
CV (%)	20,70	32,47	21,86	49,88	15,42

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro.

3.1.3 Quantidade de nutrientes e carbono orgânico do material vegetal

Muitas diferenças observadas para a concentração de nutrientes entre os meses de estudo (Tabelas 2.3, 2.4, 2.5, 2.6) não permaneceram ao se considerar as quantidades transferidas de cada elemento (Tabela 2.7). O cálcio foi o elemento que apresentou a maior transferência (229,98 kg ha⁻¹ ano⁻¹), seguido do nitrogênio (129,99 kg ha⁻¹ ano⁻¹). O fósforo apresentou como o macronutriente limitante no ecossistema com aporte anual de 6,42 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

A ordem decrescente da quantidade média de nutrientes depositada na fração folhas/miscelânea foi Ca > N > K > Mg > S > P > Mn > Fe > B > Zn > Cu, com diferença estatística para todos os nutrientes considerando a variação dos meses do ano.

De maneira geral, as maiores quantidades de nutrientes coincidiram como os períodos de maiores deposições da fração folhas/miscelânea, que foram os meses de julho, agosto e setembro de 2013, período este, com as menores precipitações do ano.

Tabela 2.7 - Quantidade de nutrientes e carbono orgânico na fração folhas/miscelânea na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Mês	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	CO
	kg ha ⁻¹											
abr/13	5,56 bc*	0,26 ab	2,34 ab	7,74 ab	1,04 bc	0,35 bc	0,0020 b	0,0514 b	0,0063 b	0,0535 b	0,0168 ab	123,73 bc
mai/13	9,05 abc	0,35 ab	1,59 b	12,35 ab	1,51 abc	0,53 abc	0,0028 ab	0,0901 ab	0,0108 ab	0,1510 ab	0,0254 ab	190,23 abc
jun/13	13,88 abc	0,73 ab	4,47 ab	22,96 ab	2,81 abc	0,98 abc	0,0052 ab	0,1194 ab	0,0195 ab	0,1270 ab	0,0464 ab	302,07 abc
jul/13	16,67 ab	0,91 ab	7,75 a	32,49 ab	4,01 ab	1,36 a	0,0062 ab	0,1707 ab	0,0206 ab	0,2089 ab	0,0709 a	451,70 ab
ago/13	17,13 a	0,94 a	5,38 ab	38,76 a	4,24 a	1,25 ab	0,0067 a	0,1976 a	0,0266 a	0,3152 a	0,0779 a	462,63 a
set/13	14,16 abc	0,53 ab	3,13 ab	28,56 ab	2,85 abc	1,02 abc	0,0059 ab	0,4622 a	0,0235 ab	0,2902 ab	0,0701 a	367,45 abc
out/13	11,64 abc	0,73 ab	3,57 ab	28,54 ab	2,90 abc	0,96 abc	0,0050 ab	0,1231 ab	0,0182 ab	0,1909 ab	0,0458 ab	297,96 abc
nov/13	11,55 abc	0,48 ab	2,48 ab	16,37 ab	2,06 abc	0,73 ab	0,0038 ab	0,1013 ab	0,0113 ab	0,1549 ab	0,0305 ab	254,41 abc
dez/13	8,95 abc	0,40 ab	2,26 ab	14,95 ab	1,44 abc	0,66 abc	0,0032 ab	0,0804 ab	0,0124 ab	0,1033 ab	0,0255 ab	208,91 abc
jan/14	6,38 abc	0,39 ab	3,33 ab	10,50 ab	1,34 abc	0,57 abc	0,0023 ab	0,0564 ab	0,0086 ab	0,0624 ab	0,0215 ab	169,23 abc
fev/14	5,48 c	0,24 b	1,17 b	6,29 b	0,92 b	0,35 c	0,0051 ab	0,0649 ab	0,0211 ab	0,0869 ab	0,0162 b	120,39 c
mar/14	9,56 abc	0,46 ab	1,87 ab	10,48 ab	1,52 abc	0,61 abc	0,0044 ab	0,1101 ab	0,0118 ab	0,1547 ab	0,0288 ab	203,07 abc
Total	129,99	6,42	39,31	229,98	26,65	9,37	0,0526	1,6276	0,1908	1,8990	0,4757	3151,75
Média	10,83	0,54	3,276	19,17	2,22	0,78	0,0044	0,1356	0,0159	0,1583	0,0396	262,65
s	3,984	0,27	1,892	10,88	1,11	0,33	0,0018	0,1590	0,0080	0,1044	0,0220	113,62
CV (%)	36,78	50,07	57,75	56,75	50,12	41,68	40,32	117,21	49,17	66,00	55,95	43,26

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$).

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro; CO = carbono orgânico.

O retorno total de nutrientes na fração folhas/miscelânea foi estimado em 445,97 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo 441,72 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de macronutrientes e 4,2457 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de micronutrientes. A quantidade de carbono orgânico depositado pela fração folhas/miscelânea foi de 3.151,75 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

De modo geral, a fração folhas/miscelânea apresentou maior contribuição para a ciclagem de nutrientes. Os galhos, mesmo representando quase 21% da massa da serapilheira, não alcançam tal importância no fornecimento de nutrientes, transferindo aproximadamente de 17,44% da quantidade dos diferentes nutrientes estudados (Tabela 2.8).

Anualmente, são depositados pela fração galhos, cerca de 20,30 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio, 0,88 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de fósforo, 5,84 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio, 61,47 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de cálcio, 3,86 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de magnésio, 1,35 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de enxofre e 838,72 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono, sendo um total de 94,23 kg ha⁻¹ ano⁻¹, considerando os macro e os micronutrientes.

A ordem decrescente de concentração de nutrientes na fração galhos foi Ca > N > K > Mg > S > P > Mn > Fe > Zn > B > Cu, de forma diferente à evidenciada na fração folhas/miscelânea, com quantidade de zinco superior a de boro.

Tabela 2.8 - Quantidade de macronutrientes e carbono orgânico na fração galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Mês	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	CO
abr/13	1,56 abc*	0,09 ab	0,75 a	4,25 ab	0,31 ab	0,10 ab	0,0009 ab	0,0199 ab	0,0055 ab	0,0165	0,0044 ab	63,02 abc
mai/13	2,01 abc	0,09 ab	0,45 ab	6,12 ab	0,46 ab	0,15 ab	0,0012 ab	0,0224 ab	0,0050 ab	0,0259	0,0055 ab	86,83 ab
jun/13	1,18 bc	0,05 ab	0,38 ab	3,49 ab	0,24 ab	0,08 ab	0,0007 b	0,0106 ab	0,0029 ab	0,011	0,0035 ab	46,18 bc
jul/13	1,35 abc	0,06 ab	0,56 ab	4,89 ab	0,27 ab	0,10 ab	0,0009 ab	0,0094 b	0,0034 ab	0,0123	0,0039 ab	70,26 abc
ago/13	2,35 ab	0,09 ab	0,67 ab	6,57 ab	0,51 a	0,19 a	0,0011 ab	0,0257 ab	0,0051 ab	0,0399	0,0057 a	85,44 abc
set/13	1,66 abc	0,08 ab	0,53 ab	6,01 ab	0,35 ab	0,11 ab	0,0010 ab	0,0157 ab	0,0044 ab	0,0131	0,0050 ab	76,41 abc
out/13	1,57 abc	0,08 ab	0,69 ab	6,52 ab	0,41 ab	0,12 ab	0,0010 ab	0,0154 ab	0,0056 ab	0,0187	0,0050 ab	81,06 abc
nov/13	1,82 abc	0,07 ab	0,36 ab	6,08 ab	0,29 ab	0,10 ab	0,0010 ab	0,0140 ab	0,0044 ab	0,0153	0,0042 ab	74,49 abc
dez/13	1,56 abc	0,05 b	0,24 ab	4,27 ab	0,23 ab	0,08 ab	0,0008 ab	0,0104 ab	0,0035 ab	0,0161	0,0033 ab	60,92 abc
jan/14	2,72 a	0,11 a	0,67 ab	8,06 a	0,39 ab	0,17 ab	0,0016 a	0,0268 a	0,0065 a	0,0255	0,0050 ab	110,30 a
fev/14	1,41 abc	0,07 ab	0,33 ab	2,97 ab	0,24 ab	0,09 ab	0,0010 ab	0,0176 ab	0,0035 ab	0,0144	0,0034 ab	48,85 abc
mar/14	1,11 c	0,05 b	0,22 b	2,22 b	0,17 b	0,06 b	0,0006 b	0,0120 ab	0,0022 b	0,0102	0,0024 b	34,96 c
Total	20,30	0,88	5,84	61,47	3,86	1,35	0,0119	0,1999	0,0521	0,2188	0,0513	838,72
Média	1,69	0,07	0,49	5,12	0,32	0,11	0,001	0,0167	0,0043	0,0182	0,0043	69,89
s	0,5	0,02	0,2	1,85	0,13	0,04	0,0003	0,0066	0,0014	0,0117	0,0011	20,15
CV (%)	29,56	28,78	40,77	36,08	38,85	37,48	30,14	39,92	33,39	63,98	24,81	28,83

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$).

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro; CO = carbono orgânico.

Para a Floresta Estacional Semidecidual Submontana do presente estudo a quantidade total de macronutrientes transferida via serapilheira foi de 535,42 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 2.7).

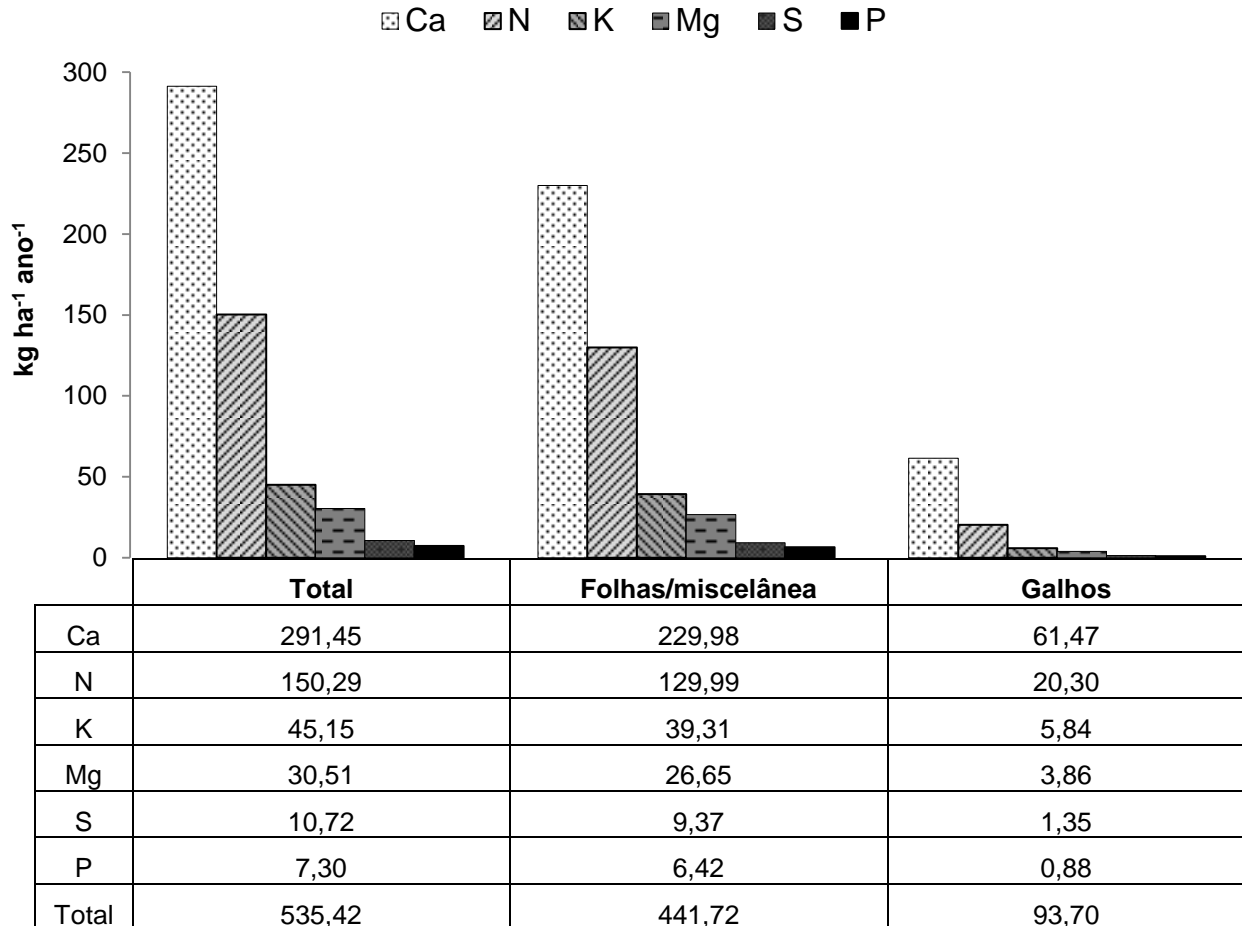


Figura 2.7 - Quantidade de macronutrientes e carbono orgânico total nas frações folhas/miscelânea e galhos aportados por ano na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Em que: Ca = cálcio; N = nitrogênio; K = potássio; Mg = magnésio; S = enxofre; P = fósforo.

Com relação aos micronutrientes, o retorno total estimado foi de 4,7796 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 2.8). O manganês foi o micronutriente com maior retorno anual ao solo com 2,1178 kg ha⁻¹ ano⁻¹, seguido do ferro com 1,8274 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de conteúdo na serapilheira total.

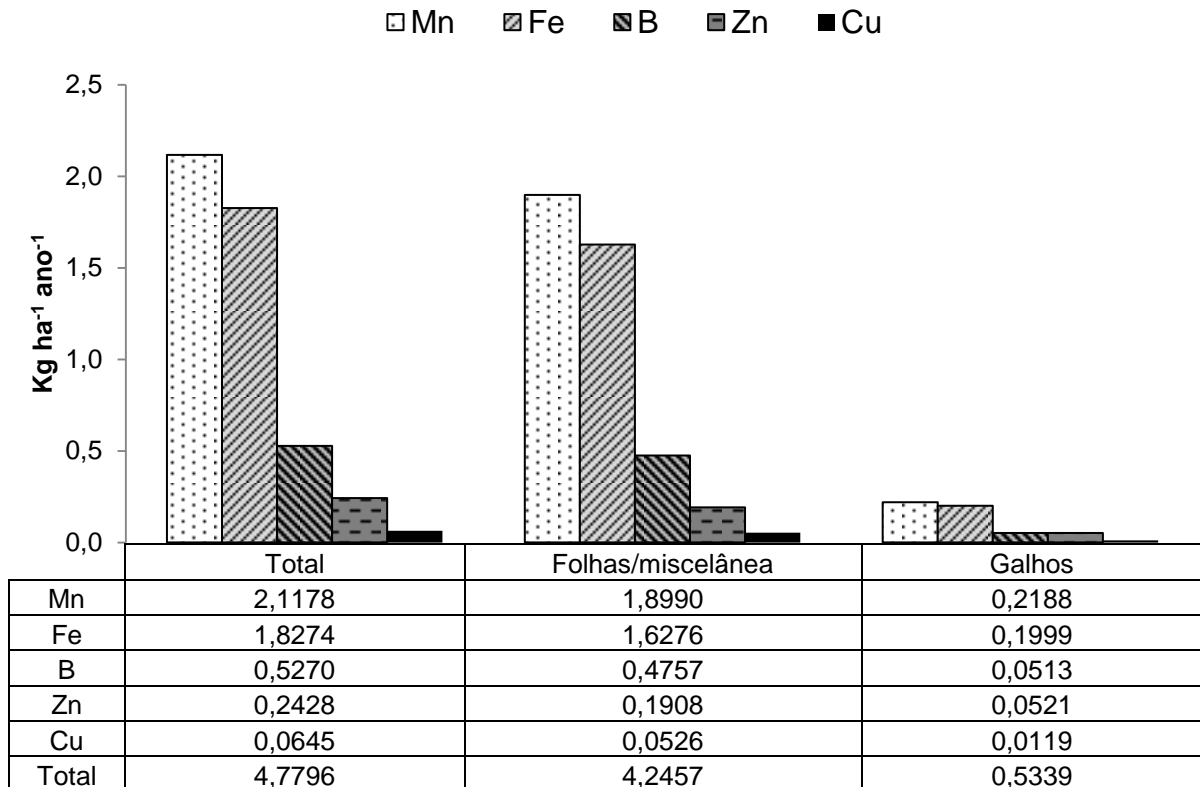


Figura 2.8 - Quantidade de micronutrientes e carbono orgânico total nas frações folhas/miscelânea e galhos aportados por ano na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Em que: Mn = manganês; Fe = ferro; B = boro; Zn = zinco; Cu = cobre.

3.1.4 Eficiência no uso de nutrientes

A eficiência no uso dos nutrientes, segundo Vitousek (1982), é um índice que avalia o funcionamento do ecossistema, sendo um parâmetro que relaciona a produção de biomassa por unidade de nutriente adquirido ou perdido. Os valores mais elevados indicam uma melhor eficiência na produção de biomassa por unidade do nutriente.

Em relação aos macronutrientes a floresta mostrou-se mais eficiente na utilização do fósforo e do enxofre e para micronutrientes cobre, zinco e boro (Tabela 2.9).

O macronutriente cálcio foi o que mais retornou ao solo por meio das duas frações de estudo, sendo o nutriente de menor eficiência na utilização pela floresta em ambas as frações de serapilheira estudadas.

A utilização mais eficiente de cálcio e zinco foi a partir da fração folhas/miscelâneas, enquanto a fração galhos foi mais eficiente em utilizar nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e boro.

Tabela 2.9 - Eficiência de uso dos macro e micronutrientes pelas frações folhas/miscelâneas e galhos e total depositado na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Fração	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas/miscelânea	47	946	154	26	228	648
Galhos	77	1769	266	25	402	1155
Total	51	1045	169	26	250	712
Fração	Micronutrientes					
	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
Folhas/miscelânea	115478	3731	31832	3198	12765	
Galhos	130450	7781	29874	7107	30329	
Total	118245	4174	31412	3602	14474	

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro.

3.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA

3.2.1 Acúmulo e decomposição da serapilheira na RPPN Cafundó

Em média sobre o piso da Floresta Estacional Semidecidual Submontana acumula-se 5.506,13 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira. O maior estoque de serapilheira foi avaliado na Parcela P2 (6.507,24 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e P12 (6.648,48 kg ha⁻¹ ano⁻¹) diferindo estatisticamente da parcela P6 que obteve o menor estoque observado (4.371,96 kg ha⁻¹ ano⁻¹) (Tabela 2.10). As diferenças nos valores da serapilheira acumulada podem ocorrer em razão da variabilidade espacial devido às variações das composições florísticas e edáficas presentes no local de estudo.

Tabela 2.10 - Valores médios por parcela e a média anual de serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Parcela	Serapilheira Acumulada (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
P1	5.008,20 ab*
P2	6.507,24 a
P3	4.932,12 ab
P4	4.993,56 ab
P5	5.777,64 ab
P6	4.371,96 b
P7	5.092,20 ab
P8	5.956,92 ab
P9	5.649,96 ab
P10	5.465,40 ab
P11	5.669,88 ab
P12	6.648,48 a
Média	5.506,13

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$).

Além da variabilidade espacial, a serapilheira acumulada apresentou variabilidade temporal, com menores estoques sobre o solo ocorrendo nos meses de junho/2013 (4.675,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹), julho/2013 (4.508,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹), novembro/2013 (4.580,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e março/2014 (4.104,39 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e o maiores acúmulos nos meses de abril/2013 (8.264,6 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e setembro/2013 (7.011,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹) (Figura 2.9).

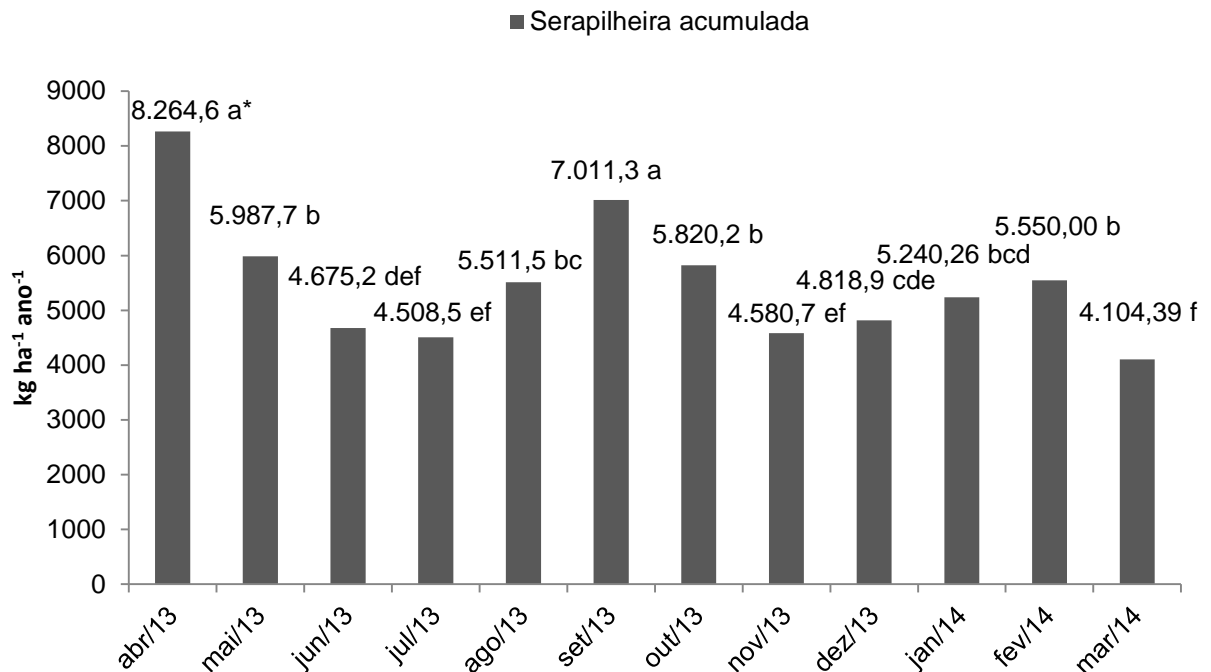


Figura 2.9 - Variação Temporal no acúmulo de serapilheira Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$).

O fato do acúmulo de serapilheira não ter apresentado tendência sazonal ocasionou correlações não significativas entre a serapilheira estocada sobre o piso florestal e as variáveis climáticas temperaturas máxima, mínima e média e a precipitação do período de estudo. (Tabela 2.11).

Tabela 2.11 - Correlação de Pearson para a serapilheira acumulada com as variáveis temperaturas máxima, mínima e média, além da precipitação na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Fração	Temp. Máx.	Temp. Mín.	Temp. Média	Precipitação
Acumulada	-0,1894 ¹ ns	-0,1507 ns	-0,165 ns	-0,3283 ns

¹coeficiente de correlação de Pearson; ns: Não significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Em relação à constante de decomposição, para a área de estudo, o valor estimado da taxa de decomposição (k) foi de 1,40, e o tempo para que a metade do material vegetal acumulado fosse decomposto ($T_{50\%}$) foi de 354 dias, e para que 95% do material fosse decomposto ($T_{95\%}$) de 801 dias (Tabela 2.12).

A parcela P4 e a parcela P3 foram as que apresentaram a maior taxa de decomposição ($k = 1,75$ e $1,74$, respectivamente) e conseqüentemente, o menor tempo para a decomposição do material. Em contrapartida, a parcela P12

apresentou o menor valor de k e o maior tempo para a decomposição do material vegetal sobre o solo (Tabela 2.12).

Tabela 2.12 - Constante de decomposição k, T50% e T95% da serapilheira acumulada por parcela na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Parcela	k	T50%	Tempo (dias)	T95%	Tempo (dias)
P1	1,41	0,49	179	2,13	777
P2	1,29	0,54	196	2,32	848
P3	1,74	0,40	145	1,72	630
P4	1,75	0,40	145	1,72	626
P5	1,39	0,50	182	2,16	787
P6	1,45	0,48	174	2,06	753
P7	1,46	0,48	174	2,06	751
P8	1,38	0,50	183	2,17	792
P9	1,10	0,63	230	2,72	994
P10	1,27	0,55	200	2,37	864
P11	1,57	0,44	161	1,91	698
P12	1,00	0,69	252	2,99	1091

3.2.2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico da serapilheira acumulada

Durante todo o período de estudo os coeficientes de variação da composição química do material acumulado sobre o piso florestal não foram elevados (Tabela 2.13). A ordem de concentração dos macronutrientes da serapilheira acumulada foi: Ca > N > Mg > K > S > P, sendo a mesma ordem evidenciada para a serapilheira depositada

Tabela 2.13 - Concentrações mensais de macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Mês	N	P	K	Ca	Mg	S	CO
abr/13	20,14	0,76	1,68	45,53	2,61	1,28	44,52
mai/13	19,89	0,92	1,68	54,42	2,81	1,46	44,82
jun/13	22,31	0,74	1,58	44,42	2,58	1,31	46,83
jul/13	17,00	0,71	2,79	45,02	2,85	1,22	46,64
ago/13	17,57	0,63	2,98	45,73	3,13	1,07	40,38
set/13	20,45	0,99	3,39	53,29	3,97	1,49	47,12
out/13	21,28	0,84	2,48	51,97	3,70	1,38	51,14
nov/13	19,58	0,81	2,48	41,81	2,75	1,22	47,87
dez/13	19,17	0,81	2,38	45,48	3,01	1,27	49,47
jan/14	18,91	0,77	2,38	46,14	3,11	1,37	47,90
fev/14	16,44	0,74	2,26	30,19	2,58	1,13	45,90
mar/14	16,54	0,69	1,96	31,27	2,64	1,17	47,60
Media	19,11	0,78	2,34	44,61	2,98	1,28	46,68
s	2,95	0,20	0,80	9,82	0,62	0,17	4,64
CV (%)	15,44	25,29	34,23	22,02	20,73	13,19	9,93

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; CO = carbono orgânico.

O micronutriente que apresentou maior concentração média na serapilheira acumulada foi o ferro (1810,2917 mg kg⁻¹). As concentrações de micronutrientes apresentaram a seguinte ordem decrescente: Fe > Mn > B > Zn > Cu. As concentrações de ferro aumentaram consideravelmente no material acumulado quando comparada às concentrações da serapilheira depositada. Para o micronutriente boro observou-se maiores concentrações no final do período seco, entre agosto e outubro de 2013 (Tabela 2.14).

Tabela 2.14 - Concentrações mensais de micronutrientes na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Mês	Cu	Fe	Zn	Mn	B
abr/13	9,9167	1286,1500	41,0500	251,5833	36,2420
mai/13	12,2333	2035,2500	43,4500	318,6500	40,4723
jun/13	10,4167	1890,7500	41,3167	377,3333	36,9097
jul/13	9,4000	2102,2833	34,8667	286,6667	51,8837
ago/13	9,5833	1763,1000	37,9333	279,0333	60,6653
set/13	9,3333	1159,8833	37,8000	335,8167	62,2033
out/13	9,0000	1929,1833	35,4833	404,6500	61,2310
nov/13	8,6667	2095,3167	39,8833	396,5667	41,7163
dez/13	8,9000	1602,6500	32,4833	327,3333	42,4950
jan/14	9,6167	1700,2167	37,2167	320,0667	38,7600
fev/14	8,4000	2123,7500	35,7167	325,6500	40,6347
mar/14	8,2500	2034,9667	31,9667	349,2167	41,3110
Média	9,4764	1810,2917	37,4306	331,0472	46,2104
s	1,4456	1243,8454	5,3950	101,7666	10,1641
CV (%)	15,25	68,71	14,41	30,74	22,00

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro.

3.2.3 Quantidade de nutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada

Mensalmente, a serapilheira acumulada aporta uma quantidade média de macronutrientes equivalente a 395,9 kg ha⁻¹, sendo o cálcio o elemento com maior participação na quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada, enquanto o fósforo apresentou o menor conteúdo (Tabela 2.15).

A variabilidade mensal da quantidade de serapilheira foi marcada pela biomassa acumulada mensal sobre o piso florestal. Assim, os meses de abril e setembro de 2013 obtiveram as maiores médias de nutrientes estocadas sobre o solo, sendo estatisticamente superiores, principalmente em relação ao mês de março de 2014.

Tabela 2.15 - Quantidade média de macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim – ES.

Mês	N	P	K	Ca	Mg	S	CO
abr/13	166,48 a	6,31 a	13,88 ab	376,29 a	21,54 ab	10,61 a	3679,07 a
mai/13	119,10 ab	5,53 ab	10,06 ab	325,86 ab	16,83 ab	8,74 ab	2683,75 ab
jun/13	104,31 ab	3,44 ab	7,39 b	207,68 ab	12,08 ab	6,11 ab	2189,27 ab
jul/13	76,65 ab	3,20 ab	12,56 ab	202,96ab	12,86 ab	5,49 ab	2102,63 ab
ago/13	96,84 ab	3,47 ab	16,44 ab	252,06 ab	17,25 ab	5,90 ab	2225,77 ab
set/13	143,41 ab	6,92 ab	23,75 a	373,64 ab	27,84 a	10,42 a	3303,89 ab
out/13	123,83 ab	4,91 ab	14,45 ab	302,50 ab	21,53 ab	8,03 ab	2976,37 ab
nov/13	89,68 ab	3,73 ab	11,38 ab	191,52 ab	12,58 ab	5,57 ab	2192,62 ab
dez/13	92,36 ab	3,89 ab	11,49 ab	219,18 ab	14,49 ab	6,12 ab	2383,80 ab
jan/14	99,09 ab	4,02 ab	12,47 ab	241,79 ab	16,31 ab	7,16 ab	2509,91 ab
fev/14	91,24 ab	4,09 ab	12,54 ab	167,55 ab	14,32 ab	6,29 ab	2547,58 ab
mar/14	67,90 b	2,83 b	8,04 ab	128,36 b	10,85 b	4,79 b	1953,50 b
Média	105,91	4,36	12,87	249,12	16,54	7,1	2562,35
s	29,7	1,66	5,59	86,1	5,41	2,03	551,65
CV (%)	28,04	38,17	43,41	34,56	32,69	28,54	21,53

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; CO = carbono orgânico.

Para os micronutrientes (Tabela 2.16), apenas o cobre e o zinco variaram estatisticamente entre os meses do ano, sendo as maiores quantidades encontradas no mês de abril de 2013 e as menores no mês de março de 2014. Foi estocado sobre o solo da Floresta Estacional Semidecidual Submontana a média de 12,0316 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de micronutrientes, sendo 80,75% composta pelo micronutriente ferro.

Tabela 2.16 - Quantidade média de micronutrientes na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Mês	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹				
abr/13	0,0820 a	10,6295	0,3393 a	2,0792	0,2995
mai/13	0,0733 ab	12,1867	0,2602 ab	1,908	0,2423
jun/13	0,0487 ab	8,8398	0,1932 ab	1,7641	0,1726
jul/13	0,0424 ab	9,4784	0,1572 ab	1,2925	0,2339
ago/13	0,0528 ab	9,7175	0,2091 ab	1,5379	0,3344
set/13	0,0654 ab	8,1324	0,2650 ab	2,3545	0,4361
out/13	0,0524 ab	11,2282	0,2065 ab	2,3551	0,3564
nov/13	0,0397 ab	9,5982	0,1827 ab	1,8166	0,1911
dez/13	0,0429 ab	7,7232	0,1565 ab	1,5774	0,2048
jan/14	0,0504 ab	8,9096	0,1950 ab	1,6772	0,2031
fev/14	0,0466 ab	11,7868	0,1982 ab	1,8074	0,2255
mar/14	0,0339 b	8,3523	0,1312 b	1,4333	0,1696
Média	0,0525	9,7152	0,2078	1,8003	0,2558
s	0,015	6,4118	0,0595	0,5922	0,0827
CV (%)	28,5468	65,9972	28,6202	32,8922	32,3351

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro.

4. DISCUSSÃO

4.1 SERAPILHEIRA DEPOSITADA

4.1.1 Produção e composição de serapilheira depositada na RPPN Cafundó

A produção de serapilheira total apresentou variabilidade espacial, principalmente devido às diferentes composições florísticas e edáficas das parcelas amostrais e à variabilidade temporal associada à estratégias adaptativas das plantas e à sazonalidade climática. Segundo estudo realizado por Archanjo et al. (2012), o remanescente florestal estudado possui predominância de espécies secundárias tardias, com alta diversidade e com distribuição espacial distinta, o que pode gerar produções de serapilheira diferentes dentro de um mesmo fragmento (Tabela 2.1).

Para o conjunto de parcelas, as características da composição florística (densidade, dominância e riqueza) apresentadas na Tabela 1.2, parecem não determinar consideravelmente o padrão de deposição de serapilheira. Portes et al. (1996) relatam que pode haver influência de outros fatores tais como a radiação, características edáficas, temperatura, fotoperíodo, relevo, evapotranspiração, estágio sucessional, herbivoria, disponibilidade hídrica ou até mesmo dominância de espécies pioneiras em cada parcela. Resultados obtidos por Martins e Rodrigues (1999) não relacionaram a produção total de serapilheira com a densidade de indivíduos, com a área basal e com a dominância de espécies tardias, o que dificulta de se atribuir à serapilheira efeitos sobre a vegetação colonizadora das parcelas.

As diversas espécies vegetais componentes do ecossistema possuem folhas, flores, frutos, sementes e galhos com diferentes massas e são produzidas em distintas quantidades e épocas do ano (Figura 2.3), ocasionando diferentes deposições dentro do mesmo remanescente florestal. Resultados semelhantes foram observados por Cabiianchi (2010) e Godinho et al. (2013) em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Cachoeiro de Itapemirim, ES e de Mata Ciliar em Ji-Paraná, RO, respectivamente, nos quais encontraram grande variabilidade espacial da produção de serapilheira além de variação mensal de deposição de material vegetal.

Cada ecossistema possui um padrão de deposição anual de serapilheira associados a fatores bióticos e abióticos de onde estão inseridos. Enquanto em florestas perenifólias observa-se uma deposição contínua ao longo do ano, nas

Florestas Semidecíduas ocorre uma queda parcial do material vegetal em um curto intervalo de tempo. Assim, as florestas localizadas em regiões que apresentam duas estações bem definidas, uma com menor precipitação e outra com maiores índices pluviométricos, tendem a atingir um pico de deposição foliar no final da estação seca como estratégia de minimização dos efeitos da escassez de água (DELITTI, 1984; MARTINS; RODRIGUES, 1999; PINTO e al., 2009; WERNECK et al., 2001;).

A sazonalidade de produção de serapilheira verificado no presente estudo é semelhante ao reportado por Godinho et al., (2013) na mesma Floresta Estacional Semidecidual em estudo, e em outros fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual pesquisados por Arato et al. (2003), César (1993), Haase (1999), Pezzatto e Wisniewski (2006), Pimenta et al. (2011), Pinto et al. (2008) e Vital et al. (2004). Estes autores, também, observaram uma maior queda de serapilheira na transição entre o inverno e primavera, coincidindo com aumentos de precipitação e temperatura.

O valor total depositado ($7.627,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) pode ser considerado dentro da faixa encontrada em florestas tropicais e subtropicais, conforme reportado por Godinho et al. (2013), Pezzatto e Wisniewski (2006), Pinto et al. (2008) e Vital et al. (2004), em formações florestais brasileiras (Tabela 2.17).

Quando se compara os resultados obtidos para RPPN Cafundó com outras formações florestais do Brasil (Tabela 2.17), verifica-se valores de deposição total de serapilheira semelhantes à de Florestas Ombrófilas Densas (BIANCHIN, 2013; DICKOW et al., 2012; TOLEDO et al., 2002) e com a de outras Florestas Estacionais Deciduais (CUNHA et al. 1993; VOGEL et al., 2007), além de obter maior deposição com relação a outras formações como a Restinga (BRITTEZ, 1994; MORAES et al., 1999), Cerrado (ARAÚJO, 2006; GIÁCOMO et al., 2012) e Caatinga (SANTANA, 2005; SOUTO et al., 2009).

Tabela 2.17 - Produção de folhas/miscelânea, galhos e total, em kg ha⁻¹ ano⁻¹, na serapilheira das principais formações florestais brasileiras.

Tipologia Florestal	Produção de serapilheira (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Local	Referência
	Folhas/miscelânea	Galhos	Total		
Floresta Estacional Semidecidual	6.072,6	1.555,1	7.627,7	Cachoeiro de Itapemirim, ES	Este estudo
Floresta Estacional Semidecidual	8.210,0	1.051,7	9.261,7	Cachoeiro de Itapemirim, ES	Godinho et al. (2013)
Floresta Estacional Semidecidual	4.033,8	826,2	4.860,0	Cuiabá, MT	Haase (1999)
Floresta Estacional Semidecidual	4.402,2	657,8	5.060,0	Cuiabá, MT	Haase (1999)
Floresta Estacional Semidecidual	6.330,0	2.470,0	8.800,0	Anhembi, SP	César (1993)
Floresta Estacional Semidecidual	4.340,0	1.970,0	6.310,0	Viçosa, MG	Pinto et al. (2008)
Floresta Estacional Semidecidual	5.610,0	3.210,0	8.820,0	Viçosa, MG	Pinto et al. (2008)
Floresta Estacional Semidecidual	-	-	10.650,0	Botucatu, SP	Vital et al. (2004)
Floresta Estacional Semidecidual	6.541,0	1.671,0	8.212,0	Londrina, PR	Pimenta et al. (2011)
Floresta Estacional Semidecidual	8.240,0	3.460,0	11.700,0	Nova Prata do Iguaçu, PR	Pezzatto et al. (2006)
Floresta Estacional Semidecidual	10.160,0	1.290,0	11.450,0	Viçosa-MG	Arato et al. (2003)
Floresta Estacional Semidecidual	6.176,9	2.775,1	8.952,0	Brotas, SP	Schlittler et al. (2010)
Floresta Estacional Semidecidual	7.881,9	3.709,1	11.591,0	Araras, SP	Diniz e Pagano (1997)
Floresta Estacional Semidecidual	6.034,4	1.905,6	7.940,0	Nova Xavantina, MT	Marimon Júnior (2007)
Floresta Estacional Semidecidual	-	-	9.936,0	Patrocínio Paulista, SP	Araújo (2006)
Floresta Estacional Decidual	7.420,0	1.780,0	9.200,0	Santa Maria, RS	König et al. (2002)
Floresta Estacional Decidual	5.360,0	2.410,0	7.770,0	Santa Maria, RS	Cunha et al. (1993)
Floresta Estacional Decidual	5.353,9	2.082,1	7.436,0	Itaara, RS	Vogel (2005)
Floresta Ombrófila Densa	4.050,0	840,0	4.890,0	Teresópolis, RJ	Gomes et al. (2010)
Floresta Ombrófila Densa	4.250,0	1.450,0	5.700,0	Santa Maria de Jetibá, ES	Calvi et al. (2009)
Floresta Ombrófila Densa	3.980,0	1.750,0	5.730,0	Santa Maria de Jetibá, ES	Calvi et al. (2009)
Floresta Ombrófila Densa Submontana	4.610,0	590,0	5.200,0	Antonina, PR	Dickow et al. (2012)
Floresta Ombrófila Densa Submontana	4.800,0	590,0	5.390,0	Antonina, PR	Dickow et al. (2012)
Floresta Ombrófila Densa Submontana	4.730,0	590,0	5.320,0	Antonina, PR	Dickow et al. (2012)

Continua...

Continuação...

Tipologia Florestal	Produção de serapilheira (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Local	Referência
	Folhas/miscelânea	Galhos	Total		
Floresta Ombrófila Densa Montana	5.540,0	3.267,0	8.807,0	Ibiúna, SP	Vidal et al. (2007)
Floresta Ombrófila Densa Montana	4.540,0	2.680,0	7.220,0	Ibiúna, SP	Vidal et al. (2007)
Floresta Ombrófila Densa Montana	4.280,0	2.530,0	6.810,0	Ibiúna, SP	Vidal et al. (2007)
Floresta Ombrófila Mista	5.550,0	2.440,0	7.990,0	São João do Triunfo, PR	Figueiredo Filho et al. (2003)
Floresta Atlântica	6.310,0	270,0	6.580,0	Pinheiral, RJ	Menezes et al. (2010)
Floresta Atlântica	6.030,0	1.420,0	7.450,0	Pinheiral, RJ	Menezes et al. (2010)
Floresta Atlântica	7.130,0	3.840,0	10.970,0	Pinheiral, RJ	Menezes et al. (2010)
Floresta Atlântica	5.600,0	1.400,0	7.000,0	Santo André, SP	Domingos et al. (1997)
Floresta Atlântica	-	-	8.900,0	Cotia, SP	Portela et al. (2007)
Restinga	9.153,0	2.147,0	11.300,0	Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba, RJ	Paula et al. (2009)
Restinga	9.102,0	1.998,0	11.100,0	Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba, RJ	Paula et al. (2009)
Restinga	8.424,0	2.376,0	10.800,0	Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba, RJ	Paula et al. (2009)
Restinga	4.160,0	920,0	5.080,0	Paranaguá, PR	Pires et al. (2006)
Caatinga	2.650,0	210,0	2.860,0	Iguatu, CE	Lopes et al. (2009)
Caatinga	640,0	260,0	900,0	Santa Terezinha, PB	Alves et al. (2006)
Caatinga	2.070,0	190,0	2.260,0	Serra Negra do Norte, RN	Santana et al. (2011)
Cerradão (Cerrado)	1.750,0	470,0	2.220,0	Tangará da Serra, MT	Maman et al. (2007)
Mata de Galeria (Cerrado)	2.030,0	950,0	2.980,0	Nova Marilândia, MT	Maman et al. (2007)
Floresta Secundária Mista	6.410,0	2.000,0	8.410,0	Esperantina, PI	Lima et al. (2010)
-	7.060,0	1.980,0	9.040,0	Campo Verde, MT	Fernandes et al. (2007)

Como pode ser observado, dentro de uma mesma formação florestal há grande variação do aporte de serapilheira. Essa variação pode estar relacionada às características de cada sítio, destacando-se a fertilidade dos solos, a variação climática, o tipo de vegetação e o seu estágio sucessional (ABREU; OLIVEIRA; MONTEZUMA, 2010; CALVI; PEREIRA; ESPÍNDULA JÚNIOR, 2009).

De maneira geral, os valores da produção de serapilheira refletem o grau de desenvolvimento da floresta e sua produtividade, sendo o presente estudo comparativamente semelhante à outros estudos em Floresta Estacional Semidecidual (GODINHO et al., 2013; PIMENTA et al., 2011; PINTO et al., 2008). Os distúrbios aos quais estão submetidas podem influenciar diretamente nos aspectos temporais e espaciais da deposição de material (LAWRENCE et al. 2005, SATO et al., 2010).

A representatividade da fração folhas/miscelânea em relação à fração galhos está situada dentro dos padrões para formações florestais semelhantes (Figura 2.4), como pôde ser observado nos estudos de Marimon Júnior et al. (2007) com 76% de contribuição da fração folhas/miscelânea, por Schilittler et al. (2010) com 69% de folhas/miscelânea e por Godinho et al. (2013) com 89% de aporte de folhas/miscelânea.

A contribuição relativa da fração galhos na serapilheira total depositada foi de 20,39%, sendo próximo a valores frequentemente encontrados para essa fração em Florestas Estacionais Semidecíduais (ARAÚJO, 2006; PIMENTA et al., 2011; SCHILITTLER et al., 2010). Entretanto, é importante ressaltar que a contribuição de galhos em áreas nativas é variável, sendo encontrado um limite inferior de 13% (HAASE, 1999) e superior de 36% (PINTO et al., 2009).

Diversos estudos avaliam a fração folhas como a mais representativa para a comparação da produção de serapilheira em diferentes ecossistemas florestais (NUNES; PINTO, 2007; VIDAL et al., 2007). Pelos resultados encontrados, fica evidenciado que a produção de serapilheira pode ser parcialmente estimada apenas pela queda da fração de folhas, considerando a baixa representatividade da miscelânea em estudos que realizaram a segregação destes componentes (DINIZ; PAGANO, 1997; HAASE, 1999; MARIMON JÚNIOR, 2007; PINTO et al., 2009).

A variação mensal da produção de serapilheira é esperada para as Florestas Estacionais Semidecíduais devido à estratégia adaptativa em resposta ao efeito da sazonalidade climática que ocorre neste ecossistema florestal. Assim, nota-se que o

padrão de deposição de folhas/miscelânea foi semelhante ao da serapilheira total (Figura 2.5), com produção máxima no final da estação seca (Julho/13 a setembro/13), o que pode ser em resposta ao estresse hídrico, em que a queda das folhas reduziria a perda de água pela transpiração das plantas (ARATO et al., 2003; MARTINS; RODRIGUES, 1999; PIMENTA et al., 2011; PINTO et al., 2008; SOUZA et al., 2003; VITAL et al., 2004; WERNECK et al., 2001).

A variação característica ao longo do ano da serapilheira total e, principalmente, da fração foliar encontrada neste estudo, com os maiores valores de deposição coincidindo com o final da estação seca (julho/13 a setembro/13), também pôde ser observada em outros remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do Sudeste Brasileiro (CESAR, 1993; DIAS; OLIVEIRA FILHO 1997; GODINHO et al., 2003; MARTINS; RODRIGUES, 1999; MORELLATO, 1992; WERNECK et al., 2001). Isso deve estar relacionado às baixas taxas de precipitação registradas nessa época do ano (MORELLATO, 1992).

A fração galhos com $1.555,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, aparece com deposição desigual ao longo do período de coleta (Figura 2.6). Diversos trabalhos também não relataram uniformidade da fração galhos com o decorrer dos meses (DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1997; GODINHO et al., 2013; PIMENTA et al., 2011; PINTO, et al., 2008). Estes autores inferem que a deposição de galhos seja marcada pela heterogeneidade temporal com baixa correlação com as variáveis climáticas, sendo influenciada por danos físicos (quedas de árvores), além de chuvas, raios e ventos fortes. No presente estudo, a maior deposição de galhos ocorreu no mês de janeiro/14. A segunda quinzena de dezembro/13 foi marcada por alta precipitação, o que pode ter ocasionado a maior queda de galhos neste período.

Apesar de que a maior produção de folhas/miscelânea e conseqüentemente do total de serapilheira ter ocorrido ao final da estação seca, não foi encontrada correlação significativa entre estas e a variável climática precipitação, de acordo com os coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 2.2). Para o período das coletas, verificaram-se valores de precipitação muito diferentes da série histórica com o período de menor pluviosidade iniciando no mês de abril/2013, o que pode explicar a falta de correlação entre esta condição climática e a produção de serapilheira e ainda, a maior deposição de serapilheira nos meses de julho, agosto e setembro do ano em que foi realizado o estudo.

Entretanto, a deposição de folhas e total correlacionou-se negativamente com as variáveis climáticas temperatura mínima e média. König et al. (2002), também encontraram correlação significativa e negativa para temperatura, em floresta secundária na formação Estacional Decidual. Com isso, infere-se que a menor temperatura ocasiona maior deposição de folhas e conseqüentemente, maior deposição. Em contrapartida, Pinto et al. (2008) encontraram as maiores deposições de serapilheira e folhas na floresta madura na época do ano com maiores temperaturas, ventos fortes e menor umidade relativa.

Resultado semelhante foi verificado por Martins e Rodrigues (1999), Pagano (1989) e César (1993) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em São Paulo, onde verificaram maior produção de serapilheira na estação seca, apesar de não resultar em correlação significativa com os principais fatores climáticos analisados.

Segundo Arato et al. (2003) a falta de correlação entre a precipitação e a deposição de serapilheira pode ser explicada devido à ocorrência de um atraso de um a dois meses na resposta da vegetação ao estresse hídrico, em termos de máxima deposição de serapilheira. Este padrão também pode ser relatado no presente estudo uma vez que não houve correlação significativa da precipitação com a queda de material senescente.

No mesmo fragmento do estudo atual, Godinho et al. (2013) relataram que a deposição de serapilheira total mostrou-se sazonal, com as maiores produções ocorrendo ao final de estação seca e produção de $9.300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de serapilheira total no período de dezembro de 2009 a novembro de 2010, porém com ausência de correlação significativa com as variáveis climáticas. Observa-se também que além da variação espacial e sazonal, ainda há a variação entre os anos de coleta, pois no presente estudo a deposição de serapilheira foi mais baixa quando comparada com os valores encontrados por Godinho et al. (2013).

4.1.2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico da serapilheira depositada

Com relação à sazonalidade das concentrações de nutrientes observou-se para o nitrogênio aumento na concentração no final da estação seca, mantendo-se estável na estação chuvosa e atingindo a concentração máxima no mês de maio, no fim do período de maior precipitação (Tabela 2.3). É importante ressaltar que no período com menor precipitação houve um decréscimo da concentração de nitrogênio, coincidindo com o período que ocorreu a maior deposição da fração folhas/miscelânea. De modo inverso ao nitrogênio, o cálcio apresentou tendência de aumento da concentração no inverno com decréscimo na primavera e verão.

As diferenças qualitativas da serapilheira podem estar relacionadas à intensificação dos processos de retranslocação de nutrientes antes do aumento da abscisão foliar no período com menor precipitação. Porém, as concentrações dos nutrientes fósforo, potássio, enxofre e carbono comportaram-se de forma constante durante os meses do ano, sendo as variações mensais relativamente pequenas. O magnésio apresentou padrão variável em sua concentração com maiores valores nos meses de junho e outubro de 2013 e menor concentração em dezembro de 2013.

De maneira semelhante ao presente estudo, Szymczak et al. (2014) verificaram que no início da primavera as concentrações de nitrogênio aumentaram, no verão decresceram e permaneceram quase estáveis no restante do período. Além disso, notaram o mesmo comportamento, porém, com menores contrastes, para magnésio, fósforo e potássio. No mesmo estudo, os autores verificaram comportamento inverso para cálcio, com elevação da concentração no outono e inverno e diminuição na primavera e verão. Corroborando com o presente estudo, Araújo e Haridassan (2007) observaram que espécies decíduas mostraram as maiores concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio no início da estação chuvosa, época em que as folhas encontram-se recentemente maduras e suas concentrações decresceram até o começo da próxima estação seca, além de concentrações de cálcio maiores no final da estação seca.

De acordo com Andreis et al. (2005) a maior deposição de serapilheira ao final da estação seca, juntamente com o aumento da quantidade de folhas

observadas nas árvores no início da primavera, deve-se à emissão de brotos e folhas novas e à perda das folhas velhas restantes do ciclo anterior. Aliado a isso, Szymczak et al. (2014) observaram que após a estação seca houve aumento de nitrogênio nas folhas devido ao período de brotação da floresta estacional, o que também pôde ser verificado no presente estudo.

A variação da concentração dos nutrientes ao longo do ano normalmente possui baixa variação, conforme relatado por Dias et al. (2002), Espig et al. (2009), Godinho et al. (2013), Pezzatto (2006); Pimenta et al. (2011), Rocha (2006), Szymczak et al. (2014) e Vital et al. (2004). Com isso, a quantidade de nutrientes que retorna ao solo depende, principalmente, da variação da produção de serapilheira, e não da concentração de nutrientes nela contida ao longo do tempo.

De maneira geral, as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre encontram-se dentro da faixa observada para florestas tropicais brasileiras, que variam entre 10,7 e 24,4 g kg⁻¹ para nitrogênio (VILLELA; PROCTOR 1999; PINTO et al. 2009), 0,27 e 2,08 g kg⁻¹ para fósforo (VASCONCELOS; LUIZÃO 2004; HAASE 1999), 2,93 a 11,8 g kg⁻¹ para potássio (PINTO et al. 2009; KÖNIG et al. 2002), 2,28 a 33 g kg⁻¹ para cálcio (PAGANO; DURIGAN, 2009; HAYASHI, 2006), 0,52 a 6,30 g kg⁻¹ para magnésio (FERNANDES, 2005; SCHLITTLER et al. 2010), 0,80 a 6,60 g kg⁻¹ para enxofre (ARAÚJO, 2006; SOUTO et al., 2009).

Vários estudos relatam que as folhas representam o compartimento mais significativo da produção, não somente pela quantidade depositada, mas também pela sua qualidade nutricional (ARAÚJO; HARIDASSAN, 2007). As concentrações mais altas de elementos encontrados nesta fração em relação à lenhosa vêm ressaltar a sua importância.

Assim como observado para folhas/miscelânea, o nutriente cálcio foi analisado em maiores concentrações na fração galhos (Tabela 2.4), principalmente, devido a sua característica fisiológica de imobilidade na planta, e por fazer parte da parede celular além de ser presente em grande quantidade em estruturas lignificadas (FERRI, 1985). O retorno do cálcio é alto na maioria das florestas tropicais estudadas (VITOUSEK, 1984). A menor concentração tanto para folha/miscelânea quanto para galhos foi observada para o elemento fósforo. Esse comportamento do fósforo na serapilheira pode ser explicado pelo baixo teor do mesmo no solo, além da alta mobilidade deste nutriente para serem utilizados em atividades de síntese e formação de novos órgãos.

A ordem de quantificação das concentrações dos nutrientes encontrada no presente estudo foi semelhante daquela encontrada por Pinto et al. (2009) em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, que foi a seguinte: $N > Ca > K > Mg > P$ para a fração folhas e $Ca > N > K > Mg > P$ para a fração galhos.

As concentrações de micronutrientes na fração folhas/miscelânea (Tabela 2.5) seguiu a seguinte ordem decrescente: $Mn > Fe > B > Zn > Cu$. Para a fração galhos (Tabela 2.6) as concentrações de micronutrientes comportaram-se da seguinte forma: $Mn > Fe > Zn > B > Cu$.

De acordo com os limites propostos por Sarruge e Haag (1974), as concentrações médias de ferro, cobre, manganês, zinco e boro na matéria seca em plantas são: de 10 a centenas de $mg\ kg^{-1}$ de ferro e de manganês; de 1 a 20 $mg\ kg^{-1}$ de cobre; de 5 a 100 $mg\ kg^{-1}$ de zinco e de 10 a 100 $mg\ kg^{-1}$ de boro. Observa-se no presente estudo que para as duas frações estudadas as concentrações dos micronutrientes se enquadraram dentro dos valores propostos na literatura.

4.1.3 Quantidade de nutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada

A transferência de nutrientes ao solo acompanhou a tendência de deposição da serapilheira, como pode ser constatado na Tabela 2.7. Todos os nutrientes tendem a apresentarem valores de transferência mais elevados no final da estação seca (julho/2013 a setembro/2013), com diminuição nos meses mais chuvosos devido a maior deposição de serapilheira nesse período.

Resultados semelhantes foram encontrados por Godinho et al. (2013) no mesmo fragmento de Floresta estacional Semidecidual Submontano do presente estudo, onde a magnitude média de aporte de nutrientes por via da serapilheira foi da seguinte ordem: $Ca > N > K > Mg > S > P$ para os macronutrientes, e $Fe > Mn > B > Zn > Cu$, para os micronutrientes.

Foram observadas algumas variações significativas quanto às quantidades de nutrientes transferidas ao solo pela fração galhos (Tabela 2.8) no decorrer dos meses do ano. Os maiores conteúdos aportados de nitrogênio, fósforo, cálcio, cobre, ferro, zinco e manganês, bem como de carbono correspondem ao mês de

janeiro/2014, coincidindo com o pico de deposição de material lenhoso. Os macronutrientes potássio, magnésio, enxofre e o micronutriente boro apresentaram maior transferência nos meses nos quais foram avaliados suas maiores concentrações. Assim, os maiores conteúdos transferidos de magnésio, enxofre e boro ocorreram no mês de agosto/2013 e de potássio ocorreu no mês de abril/2013.

Comparados com outras florestas tropicais (GODINHO et al., 2013; LIMA et al., 2010 SANTOS et al., 2014), os resultados de quantidade de nutrientes estão dentro da faixa observada para nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre, porém muito superior para cálcio.

O cálcio é o nutriente de maior quantidade, tanto na produção de serapilheira total quanto nas frações separadamente. A alta quantidade de cálcio nas frações pode estar relacionada à menor mobilidade do cálcio na planta, por ser um constituinte da parede celular, portanto não acontecendo retranslocação para tecidos mais jovens e conseqüentemente sendo depositadas em grandes quantidades sobre o piso florestal (KÖNIG et al., 2002). O retorno do cálcio para solo por meio da serapilheira é alto na maioria das florestas tropicais estudadas (VITOUSEK, 1984).

Vital et al. (2004) observaram retorno total estimado de macronutrientes de 520,6 kg ha⁻¹ ano⁻¹ com o nitrogênio obtendo a maior transferência dentro da vegetação (217,76 kg ha⁻¹ ano⁻¹), seguido do Ca (199,8 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Os demais macronutrientes eram constituídos por 52,79 kg ha⁻¹ de potássio, 38,70 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de magnésio e 11,76 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de fósforo, o qual se apresenta como elemento limitante no ecossistema. Já Pinto et al. (2009) encontrou transferência total de 438,62 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em uma floresta madura, sendo o nitrogênio também foi o elemento que apresentou a maior transferência, seguido pelo Ca. A floresta madura apresentou a seguinte ordem de transferência dos nutrientes: N > Ca > K > Mg > P, com o fósforo se mostrando como elemento mais limitante nos dois trechos de floresta estudados, assim como no presente estudo.

O fósforo, por ser um nutriente que redistribui internamente na planta, é encontrado em baixa quantidade na serapilheira total. O menor conteúdo de fósforo na serapilheira depositada e a baixa concentração desse nutriente nos solos tropicais, como o do presente estudo, evidenciam a adaptação da floresta para o crescimento em solos de baixa fertilidade conforme é relatado também por Pinto et

al. (2009). Esse resultado confirma com o observado por König et al. (2002), que verificaram maior aporte de nutrientes pelo cálcio e o menor valor de devolução obtido pelo fósforo.

De acordo com Dantas e Phillipson (1989), devem ser consideradas as seguintes faixas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na serapilheira de florestas tropicais, consecutivamente: 74 - 156; 1 - 3,4; 13 - 26; 18 - 76 e 1 - 29 kg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto neste trabalho foram encontrados: 150,29; 7,30; 45,15; 291,45 e 30,51 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Infere-se, portanto, que apenas os valores de nitrogênio se situaram dentro da faixa proposta, sendo os demais macronutrientes acima do limite superior frequentemente encontrado em florestas tropicais como indicado pelos autores.

De forma contrária ao presente estudo, resultados obtidos em outras formações florestais tropicais (CALDEIRA et al., 2008; CUNHA et al., 1993; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002; GODINHO et al. 2011; GOLLEY et al. 1978; MARAFIGA et al., 2012 TOLEDO et al. 2002;) apontam uma sequência de micronutrientes no qual o ferro apresenta maior conteúdo aportado: Fe > Mn > B > Zn > Cu

Por fim, destaca-se a capacidade de fornecimento de nutrientes ao solo pela deposição da serapilheira, podendo ser considerada a principal via de retorno para o solo. Nela, segundo Borém e Ramos (2002) os nutrientes estão mais protegidos contra lixiviação que os armazenados no solo porque na sua maioria, fazem parte de compostos orgânicos.

4.1.4 Eficiência no uso de nutrientes

A eficiência no uso dos nutrientes, segundo Vitousek (1982), é um índice que avalia o funcionamento do ecossistema, sendo um parâmetro que relaciona a produção de biomassa por unidade de nutriente adquirido ou perdido. Valores mais elevados indicam melhor eficiência na produção de biomassa por unidade do nutriente.

No presente estudo, a fração galhos possui maior eficiência na utilização de nutrientes quando comparada a fração composta por folhas/miscelânea, exceto para cálcio e zinco, que apresentaram maior eficiência no uso pela fração folhas/miscelânea (Tabela 2.9). O macronutriente e o micronutriente que apresentaram melhor eficiência no uso pela floresta estacional foram o fósforo e o cobre, respectivamente.

O fato de que a ordem decrescente de eficiência no uso dos macronutrientes no fragmento estudado ($P > S > Mg > K > N > Ca$) ser oposta às concentrações encontrados na serapilheira ($Ca > N > K > Mg > S > P$) indica que os processos de conservação dos nutrientes se fazem presentes neste trecho de Floresta Estacional Semidecidual. Para os micronutrientes foi observada a mesma tendência dos macronutrientes, pois a eficiência no uso de micronutrientes apresentou-se de forma inversa às concentrações dos mesmos na serapilheira ($Cu > Zn > B > Fe > Mn$).

Vitousek (1982) observou que a maior eficiência de utilização de nutrientes expressa a economia no uso destes, o que indica a possibilidade de limitação na produção primária no ambiente, enquanto a baixa eficiência aponta que o suprimento de nutrientes é mais adequado. A baixa eficiência no uso de nutrientes indica uma ciclagem mais associada ao ciclo biogeoquímico e melhora a fertilidade do solo, enquanto que uma alta eficiência indica uma maior translocação para a biomassa viva, ou seja, quanto maior a eficiência no uso de nutrientes maior a deficiência pelo nutriente (JACOBSON, 2009).

Assim, os valores de eficiência no uso de nutrientes do nitrogênio, fósforo, potássio magnésio e enxofre foram semelhantes aos obtidos por Pinto et al. (2009) e Godinho et al. (2011), porém, menores aos encontrados por Parron (2004) e superiores aos de Cunha et al. (1993).

4.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA

4.2.1 Acúmulo e decomposição da serapilheira na RPPN Cafundó

Maior estoque de serapilheira sobre o solo foi encontrado nas parcelas P2 e P12 que possuem elevada riqueza e densidade absoluta de espécies (Tabela 1.2).

Nestas parcelas, as taxas de decomposições (Tabela 2.12) do material vegetal ($K = 1,29$ e $1,00$, respectivamente) foram menores com relação às parcelas que apresentaram acúmulos de serapilheira inferiores. No presente estudo a variação do acúmulo de serapilheira dentro de um mesmo sítio pode estar mais relacionada à produção de serapilheira, composição de espécies, à taxa de decomposição do material, à temperatura e umidade, à abertura de dossel e à comunidade microbiológica (WERNECK et al., 2001; CALDEIRA et al., 2008).

As parcelas que apresentaram maior produção de serapilheira como as parcelas P3, P4, P8 e P11, não necessariamente resultaram em maior acúmulo de material vegetal sobre o solo, devido à maior taxa de decomposição nestes locais. Diversos fatores podem influenciar as características do acúmulo de serapilheira dentro de uma mesma floresta, tais como: a procedência da espécie, da cobertura florestal, do estágio sucessional, época da coleta, do tipo de floresta e do local (CALDEIRA et al., 2008).

Dentro do ecossistema a serapilheira acumulada mantém a estabilidade do sistema de ciclagem de nutrientes e, juntamente com o solo, regula vários processos fundamentais na dinâmica dos ecossistemas, como o da produção primária e liberação de nutrientes (PIRES et al., 2006). Em florestas tropicais, onde o solo não constitui em uma fonte de nutrientes significativa por ser muito intemperizado, as funções de reservatório de matéria orgânica e elementos minerais desempenhadas pela serapilheira acumulada sobre o solo são muito importantes (MORAES et al., 1998).

A serapilheira acumulada em florestas tropicais varia em torno de 4.710 a $12.900 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 2.18), sendo difíceis comparações precisas por depender de diversos fatores. O acúmulo de serapilheira no presente estudo foi de $5.506,13 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo este valor semelhante ao encontrado por diversos autores em Floresta Estacional Semidecidual, porém inferior quando comparado com outros estudos em tipologias florestais semelhantes. (Tabela 2.18). De maneira semelhante, Godinho et al. (2013) em estudo realizado no mesmo fragmento florestal constatou produção de serapilheira no valor de $5.500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e atribuiu ao estágio sucessional mais avançado o menor acúmulo de serapilheira.

Tabela 2.18 - Acúmulo de serapilheira sobre o piso florestal, em kg ha⁻¹ ano⁻¹, das principais formações florestais brasileiras.

Formação Florestal	Acumulada (kg ha⁻¹ ano⁻¹)	Local	Referência
Floresta Estacional Semidecidual	5.506,1	Cachoeiro de Itapemirim, ES	Este estudo
Floresta Estacional Semidecidual	4.710,0	Além Paraíba, MG	Cunha Neto et al. (2013)
Floresta Estacional Semidecidual	6.230,0	Botucatu, SP	Vital et al. (2004)
Floresta Estacional Semidecidual	5.960,0	Alegre-ES	Sperandio et al. (2012)
Floresta Estacional Semidecidual	5.500,0	Cachoeiro de Itapemirim, ES	Godinho et al., (2014)
Floresta Estacional Semidecidual	7.500,0	Cachoeiro de Itapemirim, ES	Gonçalves (2008)
Floresta Estacional Semidecidual	8.400,0	São Gabriel, RS	Vogel e Schumacher (2010)
Floresta Estacional Semidecidual	6.780,0	Ouro Preto, MG	Werneck et al. (2001)
Floresta Estacional Semidecidual	6.580,0	Ouro Preto, MG	Werneck et al. (2001)
Floresta Estacional Decidual	7.100,0	Rio Grande do Sul	Brun et al. (2001)
Floresta Estacional Decidual	10.920,0	Itaara, RS	Viera et al. (2010)
Floresta Estacional Decidual	6.700,0	Santa Maria, RS	Cunha et al. (1993)
Floresta Estacional Subtropical de Encosta	11.800,0	Vila Nova do Sul, RS	Vogel et al. (2013)
Floresta Ombrófila Densa Submontana	5.280,0	Blumenau/SC	Caldeira et al. (2008)
Restinga	5.500,0	Paranaguá, PR	Pires et al. (2006)
Mata de Galeria (Cerrado)	12.900,0	Nova Marilândia, MT	Maman et al. (2007)
Cerradão (Cerrado)	9.410,0	Tangará da Serra, MT	Maman et al. (2007)

Ao visualizar a Tabela 2.18, nota-se grande variabilidade no estoque acumulado entre as florestas brasileiras, onde os maiores estoques são encontrados em diferentes estágios sucessionais. Isto pode estar relacionado à composição de espécies diferentes de cada parcela, além da temperatura e umidade, ao desenvolvimento da comunidade microbológica, à produção de serapilheira e ao fechamento do dossel. Para Silva et al. (2009) e Valentini (2004), o acúmulo de serapilheira no solo é, principalmente, influenciado pela quantidade de serapilheira depositada pelas plantas e por sua taxa de decomposição, que fornece os nutrientes ao solo.

Mensalmente, o estoque de serapilheira variou entre 4.104,39 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a 8.264,6 kg ha⁻¹ ano⁻¹ nas parcelas amostrais (Figura 2.9). Estudos específicos em ambientes tropicais reportam variações de 3,6 a 12,4 Mg ha⁻¹ de matéria seca na forma de serapilheira acumulada (CORREIA; ANDRADE, 2008).

O acúmulo de serapilheira, diferentemente do padrão sazonal avaliado para a serapilheira depositada, não apresentou distinção clara entre os períodos de seca e de maior precipitação (Figura 2.9), sendo verificados maiores acúmulos ao final da estação chuvosa (abril e maio) e também ao final da estação seca (setembro e outubro). Outras pesquisas em Florestas Estacionais Semidecíduais indicaram que os maiores acúmulos de serapilheira em florestas tropicais são observados na estação seca em consequência do estresse hídrico e maiores deposições de material vegetal que ocorreram neste período (GODINHO et al. 2013; MARTINS; RODRIGUES, 1999).

Este padrão já era esperado, pelo fato de a variabilidade temporal da serapilheira depositada ser maior do que a variabilidade temporal da serapilheira acumulada sobre o solo, o que indica dinâmicas de variação diferentes para ambos os processos. Nesse sentido, encontram-se valores elevados de serapilheira produzida no período seco do ano e baixos no período chuvoso, quando para esses mesmos períodos se observam valores praticamente constantes de serapilheira acumulada, aumentando a taxa de decomposição no período seco do ano (Figura 2.10).

Godinho et al. (2013) relataram sazonalidade também para o acúmulo de serapilheira no mesmo fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, evidenciando a importância de realização de novos estudos a fim de caracterizar a dinâmica da ciclagem de nutrientes nesta formação florestal.

4.2.2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico da serapilheira acumulada

Houve tendência de menor concentração de nutrientes na serapilheira acumulada no período úmido (Tabela 2.13), fato também encontrado por Borém e Ramos (2002) e Santos (2014) e que pode estar relacionada aos processos de lixiviação e lavagem dos nutrientes pela água da chuva.

A concentração de macronutrientes na serapilheira acumulada seguiu a seguinte ordem decrescente: $\text{Ca} > \text{N} > \text{Mg} > \text{K} > \text{S} > \text{P}$. A maior concentração de cálcio na serapilheira acumulada em relação a serapilheira depositada pode ser devido ao enriquecimento da serapilheira acumulada pela liberação mais lenta deste elemento pelo material recém-caído, da retranslocação de outros elementos antes da abscisão das folhas, da redução da massa das folhas antes da abscisão e ou consequência da retenção de cálcio pela lavagem das copas pela chuva (CLEVELÁRIO JR., 1996; PRADO LOPES, 1994). De acordo com Caldeira et al. (2008), as variações das concentrações de macronutrientes na serapilheira acumulada podem estar relacionadas com a mobilidade dos elementos dentro da planta antes da abscisão foliar

Em estudo realizado por Vogel e Schumacher (2010) em São Gabriel, RS, com serapilheira acumulada em uma Floresta Estacional Semidecidual, os autores encontraram uma concentração de $15,73 \text{ g kg}^{-1}$ de nitrogênio, $0,63 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo, $1,82 \text{ g kg}^{-1}$ de potássio, $14,19 \text{ g kg}^{-1}$ de cálcio, $2,05 \text{ g kg}^{-1}$ de magnésio e $1,05 \text{ g kg}^{-1}$ de enxofre, sendo esses valores inferiores aos encontrados no presente estudo.

A alta variabilidade encontrada nas concentrações de potássio na serapilheira, segundo Pagano e Durigan (2000), entre as épocas de avaliação possui relação com a variação da precipitação pluviométrica, devido a sua alta suscetibilidade à lixiviação via lavagem de folhas e de serapilheira. Essa tendência pode ser evidenciada analisando a variação da concentração de potássio entre os meses de estudo (Tabela 2.13).

O magnésio apresenta concentrações reduzidas na serapilheira acumulada, em função provavelmente da oxidação da clorofila, que ocorre quando as folhas estão em período de senescência e quando iniciam a decomposição sobre o solo (BRUN, 2004).

A serapilheira acumulada da floresta estudada foi a principal via de transferência de ferro, manganês, zinco e cobre para o solo, exceto para o boro que obteve maior concentração na fração folhas /miscelânea ($75,4056 \text{ mg kg}^{-1}$), o que demonstra a importância do material no processo de ciclagem biogeoquímica de nutrientes em sítios florestais.

Caldeira et al. (2007) e Schumacher et al. (2002) também constataram que a serapilheira acumulada foi a principal via de transferência de Fe, Mn e Zn para o solo.

As concentrações de micronutrientes na serapilheira acumulada apresentaram a seguinte ordem: $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Cu}$. Os valores acentuados de concentração de ferro podem ser devido à contaminação com o solo, ou seja, amostras de serapilheira com solo.

Poucos estudos foram realizados envolvendo a concentração dos micronutrientes na serapilheira acumulada sobre o solo (Tabela 2.14), podendo citar o estudo realizado por Vogel e Schumacher (2010) com a serapilheira acumulada em uma Floresta Estacional Semidecidual, São Gabriel, RS. Os autores encontraram uma ordem decrescente de micronutrientes semelhante com a do presente estudo de: $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B}$ com concentração de $474,43 \text{ mg kg}^{-1}$ de ferro, $11,53 \text{ mg kg}^{-1}$ de cobre, $729,93 \text{ mg kg}^{-1}$ de manganês, $33,37 \text{ mg kg}^{-1}$ de zinco e $24,09 \text{ mg kg}^{-1}$ de boro.

4.2.3 Quantidade de nutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada

A ordem decrescente das quantidades de macronutrientes foi: $\text{Ca} > \text{N} > \text{Mg} > \text{K} > \text{S} > \text{P}$, diferindo da ordem encontrada por Vogel e Schumacher (2010) em uma Floresta Estacional Semidecidual, em São Gabriel, RS e por Caldeira et al. (2008) em uma Floresta Ombrófila Densa Submontana, em Blumenau, SC, sendo para ambos os estudos a seguinte ordem encontrada: $\text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{S} > \text{P}$.

As quantidades de nutrientes encontradas no presente estudo estão entre as mais altas dentre as diversas formações florestais brasileiras quando comparados com estudos feitos por Borém e Ramos (2002), Caldeira et al. (2008), Dickow (2012), Hayashi et al. (2006), Lopes et al. (2009), Leitão Filho et al. (1993) e Vogel e

Schumacher (2010). As quantidades de nitrogênio e cálcio apresentaram os maiores valores, seguidos por magnésio, enxofre e fósforo (Tabela 2.15). Em função da grande variabilidade do material estocado, não se observou um padrão de estoque de nutrientes devido à concentração de nutrientes, sendo a variação da quantidade de nutrientes devida, principalmente, à massa de serapilheira acumulada sobre o solo.

Em relação aos micronutrientes Caldeira et al. (2008), Leitão Filho et al. (1993), Lopes et al. (2009) encontraram quantidades de $Fe > Mn > Zn > B > Cu$ para diferentes estágios sucessionais e para floresta pouco afetada pela poluição. Neste trabalho, apenas houve inversão nos conteúdos de boro com zinco. Os estoques de ferro e manganês mostraram-se distintos dos contidos na serapilheira produzida (Tabela 2.16), sugerindo acúmulo de ferro em função do maior tempo de residência na camada de serapilheira.

É importante ressaltar a capacidade de retorno de nutrientes ao solo por meio do acúmulo de serapilheira, pois nela os nutrientes estão menos propensos à lixiviação que os armazenados no solo pelo fato de que grande parte dos nutrientes da serapilheira acumulada faz parte de compostos orgânicos.

5. CONCLUSÕES

A deposição média de serapilheira foi de $7.627,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com maior deposição no período de julho/2013 a agosto/2013, sendo determinado pela sazonalidade de deposição da fração folhas/miscelânea.

A maior queda de folhas/miscelânea ocorreu no período de seca. Porém, a fração galhos não apresentou um padrão sazonal de deposição, sendo maior nos meses de maio/2013 e janeiro/2014.

O cálcio foi o macronutriente e o manganês o micronutriente encontrado em maiores concentrações e quantidades em todas as frações do estudo, o que indica maior ciclagem biogeoquímica destes nutrientes.

A eficiência na utilização dos macronutrientes foi evidenciada pela seguinte ordem $P > S > Mg > K > N > Ca$ e a dos micronutrientes $Cu > Zn > B > Fe > Mn$.

Os maiores acúmulos médios de serapilheira ocorreram nos meses de abril/2013 ($8.264,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e setembro/2013 ($7.011,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), indicando padrão não sazonal no acúmulo de serapilheira.

A serapilheira acumulada apresentou variação temporal e espacial para o fragmento em estudo, não apresentando correlação significativa com as variáveis climáticas analisadas.

Houve variação espacial na taxa de decomposição da serapilheira acumulada no fragmento estudado. O valor estimado da taxa de decomposição (k) foi de 1,40.

A quantidade de macro e micronutrientes na serapilheira acumulada seguiu a seguinte ordem decrescente: $Ca > N > Mg > K > S > P$ e $Fe > Mn > B > Zn > Cu$, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. R. S. P, OLIVEIRA, R. R.; MONTEZUMA, R. C. M. Dinâmica da serapilheira em um trecho de floresta atlântica secundária em área urbana do Rio de Janeiro. **Pesquisas Botânicas**, n. 61, p. 279-291, 2010.

ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HOLANDA, A. C. de. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 6, n. 2, 2006.

ANDREIS, C.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; WOJCIECHOWSKI, J.C.; MACHADO, A. A.; VACCARO, S.; CASSAL, C. Z. Estudo fenológico em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no município de Santa Tereza, RS, Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 55-63, 2005.

ARAÚJO, A. R. B. **Fatores edáficos condicionantes da distribuição das espécies arbóreas em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado**. 2006. 663 f. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

ARAÚJO, J. F.; HARIDASSAN, M. Relação entre deciduidade e concentrações foliares de nutrientes em espécies lenhosas de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 30, n. 3, p. 533-542, 2007.

ARATO, H.D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S.H.S. Produção e decomposição da serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa - MG. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.715-721, 2003.

ARCHANJO, K.M.P.A.; SILVA, G.F.; CHICHORRO, J.F.; SOARES, C.P.B. Estrutura do componente arbóreo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil. **Floresta**, v.42, n.1, p.145-160, 2012.

BALIEIRO, F. C. et al. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p. 597-601, 2004.

BIANCHIN, J. E. **Aporte de fito massa e nutrientes em florestas secundárias da Mata Atlântica no litoral do Paraná**. 2013. 102 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, v. 8, n.2, p.042-059, 2002.

BRITZ, R. M. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR**. 1994. 172 f Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BRUN, E. J. SCHUMACHER, M. V.; VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; KOENIG, F. G.; VARGAS, C. O. Decomposição da serapilheira produzida em três fases sucessionais

de floresta estacional decidual no RS. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 1., 2001. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2001. Dic CD ROM.

CABIANCHI, G. M. **Ciclagem de nutrientes via serapilheira em um fragmento ciliar do rio Urupá, Rondônia.** 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Centro de energia nuclear na agricultura da Universidade de São Paulo.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes: floresta Ombrófila Mista Montana, Paraná **Revista Acadêmica**, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de Floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Revista Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 131-138, 2009.

CASTRO, K. C. **Serapilheira e estoque de carbono ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Ombrófila Densa, no Parque Nacional do Caparaó, ES.** 2014. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na Mata Mesófila Semidecídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.

CLEVELÁRIO JR, J. **Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano.** 1996. 135 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CORREIA M. E. F; ANDRADE A. G. **Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes.** In: Santos GA, Silva LS, Canellas L, Camargo FAO, organizadores. Fundamentos da matéria orgânica do solo-ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole; 2008.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within amazonian Forest ecosystems. In. Nutrient flux in the fine litterfall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia**, v.68, p.466-472, 1986.

CUNHA NETO, F. V.; LELES, P. S. S.; PEREIRA, M. G.; V; BELLUMATH, V. G. H.; ALONSO, J. M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p. 35-64, 1993.

DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litterfall e litter nutrient content in primary e secondary Amazonian 'terra firme' rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, n. 1, p. 27-36, 1989.

DELITTI, W. B. C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v.1, p.469-486. 1984.

DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de Floresta Estacional Semidecídua Montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p.11-26, 1997.

DIAS, H. C. T. et al. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Lavras, Minas Gerais - Brasil. **Revista Cerne**, v.8, n.2, p. 1-16, 2002.

DICKOW, K. M. C., MARQUES, R., PINTO, C. B.; HÖFER, H. Produção de serapilheira em diferentes fases de uma Floresta Subtropical secundária, em Antonina, PR. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 75-86. 2012.

DINIZ, S.; PAGANO, S. N. Dinâmica de folheto em Floresta Mesófila Semidecídua no município de Araras, SP. I – Produção, decomposição e acúmulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 9, n. 1, p. 27-36, 1997.

DOMINGOS, M.; MORAES, R. M.; DE VUONO, Y. S.; ANSELMO, C. E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 20 p. 91-96, 1997.

ESPIG, S. A.; FREIRE, F. J.; MARANGON, J. C.; FERREIRA R. L. C.; FREIRE, M. B. G. S, ESPIG, D. B. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 33, p. 949-956, 2009.

FERNANDES, F. C. S. **Produção de liteira, concentração e estoque de nutrientes em floresta nativa e capoeira**. 2005. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.

FERNANDES, F. C. S.; SCARAMUZZA, W. L. M. P. Produção e decomposição da liteira em fragmento florestal em campo verde (MT). **Revista ciências agrárias**, n. 47, p. 173-186, 2007.

FERREIRA, R. L. C.; LIRA JUNIOR, L. de A.; ROCHA, M. S.; SANTOS, M. V. S.; LIRA, M. A.; BARRETO, L. P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, 2007.

FERRI, M. G **Fisiologia vegetal** 1. 2ª ed. São Paulo, EPU. 362p. 1985.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G.F.; SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v.13, p.11-18, 2003.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v.26, n.2, p.193-207, 2002.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de Cerradão e Mata Mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga-MG. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 669-680, 2012.

GODINHO, T. de O. G.; 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.

GODINHO, T. de O. **Quantificação de biomassa e de nutrientes na serapilheira em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, L. F.; AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T.. Biomassa, macronutrientes e carbono Orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis** (IPEF), v. 41, p. 131-144, 2013.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, D. L.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida**. Tradução de Eurípedes Malavolta – São Paulo: EPU. Editora da USP, 1978. 256 p.

GOMES, J.M.; PEREIRA, M. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, G. H. A.; GONDIM, F. R.; SILVA, E. M. R. da. Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 5, n. 3, p.383-391, 2010.

GONÇALVES, M. A. M. **Avaliação da serapilheira em fragmento de floresta atlântica no sul do estado do Espírito Santo**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.

HAASE, R. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 117, p.129-147, 1999.

HAYASHI, S.N. **Dinâmica da serapilheira em uma cronossequência de florestas no município de Capitão Poço-PA**. 2006. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

JACOBSON, T. K. B. **Composição, estrutural e funcionamento de um cerrado sentido restrito submetido à adição de nutrientes em médio prazo.** 2009. 172 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

KÖNIG, F. G. et al. Devolução de nutrientes via serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria, RS. **Brasil Florestal**, v.72, p.45-52, 2002.

LAWRENCE, D. Regional-scale variation in litter production and seasonality in Tropical Dry Forests of Southern Mexico. **Biotropica**, v. 37, n. 4, p. 561-570. 2005.

LEITÃO FILHO, H. F.; PAGANO, S. N.; CESAR, O.; TIMONI, J. L.; RUEDA, J.J. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão.** Editora da Universidade Estadual Paulista e Editora da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo e Campinas. 1993.

LIMA, S. S. DE; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M. DE; OLIVEIRA, F. DAS C.; CASTRO, A. A. J. F. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p.75-84, 2010.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M. DE; LOBATO, F. A. DE O.; PALÁCIO, H. A. DE Q.; ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista Agro@ambiente** On-line, v. 3, n. 2, p. 72-79, 2009.

LOPES, M. I. M. S.; DOMINGOS, M.; DE VUONO, Y. S. Ciclagem de nutrientes minerais. In: Sylvestre, L.S., Rosa, M.M.T (eds.). **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica.** Janeiro: Seropédica, pp.72-103. 2002.

MAMAN, A. P. de; SILVA, C. J. da; SGUAREZI, E. de M.; BLEICH, M. E. Produção e acúmulo de serapilheira e decomposição foliar em mata de galeria e cerradão no sudoeste de Mato Grosso. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 71-84, 2007.

MARAFIGA, J. S; VIERA, M.; SZYMCZAK, D. A.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P. Deposição de nutrientes pela serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Ceres**, v. 59, n.6, p. 765-771, 2012.

MARIMON B. S. **Relação entre diversidade arbórea e aspectos do ciclo biogeoquímico de uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e uma floresta mista no leste Mato-Grossense.** 2007. 274f. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.

MATOS, B. R. M.; COSTA, A. C. L. efeito da deficiência hídrica na produção dos componentes da liteira vegetal em floresta tropical nativa na Flona Caxiuanã-Pará. **Revista Biologia Neotropical**, v. 9, n. 2, p. 24-36, 2012.

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DOS ANJOS, L. H. C.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. de. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 439-452, 2010.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; RINALDI, M. C. S.; REBELO, C. F. **Ciclagem mineral em Mata Atlântica de encosta e Mata sobre restinga: nutrientes na serapilheira acumulada.** p. 71-77. In: Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. v. 2., Águas de Lindóia, São Paulo, ACIESP. 1998.

MORAES, R.M., DELITTI, W.B.C. & DE VUONO, Y.S. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 1, p. 9-16, 1999.

MORELLATO, L. P. C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. I Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, p. 205-215, 1992.

NASCIMENTO, A. A. M. **Composição química da serapilheira dos bosques de mangue do Furo Grande, Bragança-PA.** 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Bragança. 2008.

NUNES, F. P.; PINTO, M. T. C. Produção de serapilheira em mata ciliar nativa e reflorestada no alto São Francisco, Minas Gerais. **Biota Neotropica**, v.7, n. 3, p. 097-102, 2007.

OLSON, J.S. Energy-storage and balance of producers and decomposers in ecological-systems. **Ecology**, v.44, n.2, p.322-331, 1963.

PAGANO, S. N.; DURIGAN, G. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em Matas Ciliares do Oeste do Estado de São Paulo, Brasil.** In: R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho (eds.). Matas Ciliares: conservação e recuperação. 2ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp. 2009.

PAGANO, S.N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 633-639. 1989.

PARRON, L. M. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em função do gradiente topográfico, em uma Mata de Galeria no Distrito Federal.** 2004. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.

PAULA, R. R.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T. de. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na ilha da marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 139-148, 2009.

PEZZATO, A. W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da Floresta Estacional Semidecidual no oeste do Paraná. **Revista Floresta**, v. 36, n. 1, p. 111-120, 2006.

PIMENTA, J. A.; ROSSI, L. B.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L.; BIANCHINI, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma Floresta Estacional Semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 25, n. 1, p. 53-57, 2011.

PINTO, S. I. DO C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F. DE; CARLOS, H.; DIAS, T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na reserva mata do paraíso, em viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.545-556, 2008.

PINTO, S. I. DO C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F. DE; CARLOS, H.; DIAS, T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Floresta Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.653-663, 2009.

PIOVESAN, G.; M. V. SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. LOPES, V. G. WELTER, C. Deposição de serapilheira em povoamento de pinus. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 42, n. 2, p. 206-211, 2012

PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G. E; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta botânica brasílica**, v. 20, n. 1, p. 173-184, 2006.

PORTELA, R. C. Q.; SANTOS, F. A. M. dos. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.2, p.271-280, 2007.

PORTES, M.C.G.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Morro do Anhangava-PR. **Floresta**, v. 26, n. 1, p. 3-10, 1996.

PRADO LOPES, M. L. C. S. **Ciclo hidrogeoquímico na bacia do Alto Rio da Cachoeira, Floresta da Tijuca-RJ**. 1994. 130 f. Tese (Mestrado em Geoquímica) - Universidade Federal de F. Instituto de Química, Niterói, 1994.

ROCHA, A. A. **Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR**. 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SANTANA, J. A. S. **Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte**. 2005. 100 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

SANTOS, A. R. dos. **Produção, estoque e nutrientes da serapilheira em Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil**. 2014. 119 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica, SP, 2014.

SATO, T., KOMINAMI, Y.; SAITO, S.; NIIYAMA, K.; TANOUCHI, H.; NAGAMATSU, D.; NOMIYA H. Temporal dynamics and resilience of fine litterfall in relation to typhoon disturbances over 14 years in an old-growth lucidophyllous Forest in southwestern Japan. **Plant Ecology**, n. 208, p. 187-198, 2010.

SCHILITTLER, F. H. M.; RUGANI, C. A.; KUKURIN, I. M. Ciclagem de nutrientes em Mata de Brejo e Mata Estacional Semidecidual no município de Brotas, SP, Brasil. **Naturalia**, v. 33, p.69-84, 2010.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; WITSCHORECK, R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 471-480, 2008.

SCHUMACHER, M. V. et al. A. Quantifizierung der biomasse und des nährstoffgehalts bei der erstdurchforstungeines araukarienbestandes in Quedas do Iguaçu (Paraná, Brasilien). **Forst archiv**, v. 73, n. 5, p. 187-194, 2002

SHANKS, R.; OLSON, J.S. First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachia, **Forest Science**, v. 134, p. 194-195, 1961.

SILVA, F. de. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. Fauna edáfica em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 52, p. 107-115, 2009.

SOUTO, P. C., SOUTO, J. S., SANTOS, R. V.; BAKKE, I.A. Características químicas da serapilheira depositada em área de Caatinga. **Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 264-272, 2009.

SOUZA, J. A; DAVID, A. C. Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2001.

SOUZA, J. S.; ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; BOTEZELLI, L. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras-MG. Viçosa. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 185-206, 2003.

SPERANDIO, H. V; CECÍLIO, R. A.; SILVA, V. H.; LEAL, G. F.; BRINATE, I. B.; CALDEIRA, M. V. W. Emprego da Serapilheira Acumulada na Avaliação de Sistemas de Restauração Florestal em Alegre-ES. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 460-467, 2012.

SZYMCZAK, D. A.; LONDERO, E. K.; SCHUMACHER, M. V. Relação entre a concentração de nutrientes nas folhas de *Parapiptadenia rígida* (BENTH.) BRENAN e variáveis meteorológicas. **Ambiência**, v. 10, n. 2, p. 497 - 509, 2014.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. ampl. – Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, C. E. G. M. Produção de serapilheira de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v.12, n. 2, p. 9-16, 2002.

VALENTINI, C. M. A. **Efluxo de CO₂ do solo de uma área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso**. 2004. 81 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2004.

VASCONCELOS, H. L.; LUIZÃO, F. J. Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented amazonian landscape. **Ecological Applications**, v. 14, p. 884-892, 2004.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P.. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.

VIERA, M.; CALDATO, S. L.; ROSA, S. F. DA; KANIESKI, M. R.; ARALDI, D. B.; SANTOS, S. R. DOS; SCHUMACHER, M. V. Nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Decidual, Itaara, RS. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 611-619, 2010.

VILLELA, D. M.; PROCTOR, J. Litterfall mass, chemistry and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Biotropica**, v. 31, n. 2, p. 198-211, 1999.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling and nutrients in tropical forests. **Ecology**, v.65, n.1, p.285-298, 1984.

VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, v.119, n.4, p.553-72, 1982.

VOGEL, H. L. M.; LORENTZ, L. H.; AZEVEDO, J. V. S.; ROTT, L. A. G.; DA MOTTA, M. S. M. Efeito de borda no estoque de serapilheira e nutrientes em um fragmento de floresta nativa no Bioma Pampa-RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n. 1, p.46-54, 2013.

VOGEL, H. L. M.; SHUMACHER, M. V. Quantificação dos nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São Gabriel-RS, Brasil. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: FERTBIO, 2010. 1 CD-ROM.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRUBY, P.; VUADEN, E. Avaliação da devolução de serapilheira em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 187-196, 2007.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos químicos e físicos do solo do fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana do presente estudo variam de acordo com a parcela amostrada, devido a influência dos fatores tais como: relevo, material de origem, morfologia do solo e vegetação que compõem cada parcela.

A influência das variáveis climáticas na produção de serapilheira confirmou ser verdadeira, principalmente para a fração folhas/miscelânea. Porém, para o acúmulo de serapilheira não foi constatada influência das variáveis climáticas, demonstrando controle de outros fatores inerentes ao solo, relevo e cobertura florestal.

O estudo da dinâmica da ciclagem de nutrientes por maior período de tempo se faz necessário a fim de melhor compreender o sistema solo-planta na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES.

O retorno de nutrientes por meio da serapilheira confere em uma importante via da ciclagem de nutrientes na floresta, melhorando a fertilidade do solo, principalmente, devido ao fato de haver grande quantidade de nutrientes estocada na serapilheira acumulada.

Os dados gerados no presente estudo podem ser utilizados para a elaboração de programas de manejo e conservação de áreas de Floresta Atlântica similar à área do estudo.