

## O estoque de serrapilheira é eficiente como indicador ambiental em fragmentos florestais de encosta?

Rafael Nogueira Scoriza<sup>1</sup>, Maria Elizabeth Fernandes Correia<sup>2</sup>, Eliane Maria Ribeiro da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, km 4, CEP: 45083-900, Vitória da Conquista - BA, Brasil. E-mail: rafaelscoriza@gmail.com

<sup>2</sup> Embrapa Agrobiologia, BR 465 (Antiga Estrada Rio São Paulo), km 7, Ecologia, CEP 23891-000, Seropédica-RJ, Brasil. Caixa Postal 74505. E-mail: elizabeth.correia@embrapa.br; eliane.silva@embrapa.br

### RESUMO

A fragmentação da Floresta Atlântica aliada à sua importância são estímulos para pesquisas de base conservacionistas e de recuperação de remanescentes, o que pode ser feita através de indicadores ambientais. Com isso o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência do estoque de serrapilheira como indicador ambiental em fragmentos florestais de encosta. O estudo foi realizado nas épocas seca e úmida em quatro fragmentos de floresta Ombrófila Densa em Itaboraí, RJ. O estoque de serrapilheira no menor fragmento florestal (P2) foi inferior aos demais e não houve diferenças entre os terços dos fragmentos. Assim, este indicador mostrou retratar os fragmentos da mesma forma que suas características bióticas e abióticas, principalmente na época seca do ano, apresentando relações com a composição florística. As frações folhas e ramos e cascas foram as mais representativas, porém a fração restos foi o melhor indicador ambiental neste estudo. Esta que é resultante do aporte, estoque e decomposição promovida pelos organismos do solo, apresentou menores valores de peso e maior relação C N<sup>-1</sup> no fragmento P2.

**Palavras-chave:** biomassa florestal; conservação; floresta atlântica; macronutrientes

### *The litter stock is effective as an environmental indicator in forest fragments slope?*

### ABSTRACT

The fragmentation of the Atlantic Forest, together with its importance, are stimuli for basic conservationist research and recovery of remnants, which can be done through environmental indicators. With this, the objective of this work is to evaluate the efficiency of litter stock as an environmental indicator in hillside forest fragments. The study was carried out in dry and wet seasons in four fragments of Ombrófila Densa forest in Itaboraí, RJ. The litter stock in the smallest forest fragment (P2) was lower than the others and there were no differences between the thirds of the fragments. Thus, this indicator showed to portray the fragments in the same way as their biotic and abiotic characteristics, mainly in the dry season of the year, presenting relations with the floristic composition. The leaves and branches and bark fractions were the most representative, but the remains fraction was the best environmental indicator in this study. This is a result of the contribution, stock and decomposition promoted by soil organisms, presented lower values of weight and higher C N<sup>-1</sup> ratio in the P2 fragment.

**Key words:** forest biomass; conservation; atlantic forest; macronutrient

## Introdução

Nas bacias hidrográficas do rio Macacu e Caceribu no estado do Rio de Janeiro, em meio a morrotes de pequena envergadura do terciário e proterozóico (Curcio et al., 2014), existe um complexo de unidades de conservação, como o Parque Nacional das Serras dos Órgãos, Estação Ecológica Estadual do Paraíso e algumas Áreas de Proteção Ambiental (Guapimirim, Petrópolis, do Rio São João–Mico Leão Dourado, entre outras). No entanto, isto não significa que esta paisagem esteja bem preservada. Ao contrário, um longo histórico de uso desde o século XXVII, que envolveu a exploração do solo para a cultura canavieira, fruticultura, pastagens e extração de areia e argila, tiveram um forte impacto nessa região, restando poucos fragmentos florestais de pequeno tamanho e bastante impactados (Embrapa, 2007).

A dinâmica da serapilheira nos fragmentos florestais é determinante para manter a produtividade deste sistema, mesmo em solos com baixa disponibilidade de nutrientes (Scheer, 2008). A disponibilização de nutrientes nas camadas superficiais do solo florestal, principalmente nitrogênio, cálcio e magnésio, ocorre pela decomposição da serapilheira estocada, composta principalmente por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos (Costa et al., 2010), possibilitando o reaproveitamento pelas plantas e garantindo a sustentabilidade do ecossistema (Pinto & Marques, 2003; Scoriza et al., 2012; Diniz et al., 2015).

Deste modo, visto como uma ferramenta para avaliar o estado de conservação de fragmentos, a serapilheira é um indicador que atende a parâmetros para tal, por responder às modificações do ambiente, ser sensível, de baixo custo e de uso prático (Machado et al., 2008; Llausàs & Nogué, 2012). Sua avaliação pode contribuir para o entendimento das propriedades ecológicas e dos fatores limitantes no estabelecimento e desenvolvimento de ecossistemas florestais (Nunes & Pinto 2012), o que permite inclusive inferir sobre o planejamento e a decisão adequada para uma futura recuperação florestal da área em questão.

Entretanto, a eficiência da serapilheira em fragmentos florestais em encosta de morro pode ser prejudicada, já que nesta situação ocorre carreamento da serapilheira pela chuva, além de diferenças na incidência solar e na umidade ao longo de sua extensão. Com isso o objetivo deste estudo é avaliar a eficiência do estoque de serapilheira como indicador ambiental, comparando sua resposta a um conjunto de características ambientais em quatro fragmentos florestais, localizados em Itaboraí, RJ.

## Material e Métodos

O local de estudo está localizado entre as coordenadas 42°47'35"W/42°49'20"W e 22°40'35"S/22°38'51S, no município de Itaboraí, que compõe a região metropolitana do estado do Rio de Janeiro. O solo predominante nos compartimentos ambientais mais altos da paisagem são o Cambissolo e o Argissolo Amarelo. Nos compartimentos de planície prevalecem o Gleissolos e os Neossolos Flúvicos (Embrapa, 2007). A classificação climática, segundo Koppen

é Aw, ou seja, clima tropical úmido ou subúmido com inverno seco. A temperatura média anual é de 21,4 °C com precipitação média anual de 1460 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso. Os fragmentos estão inseridos nos domínios da Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e Submontana. A característica da paisagem na área é de uma matriz de pastagens, com predomínio das espécies de *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria decumbens* e *Paspalum* sp. (Uhlmann et al., 2012).

As amostragens foram realizadas em dois momentos: ao final das épocas seca (junho/2010) e úmida (fevereiro/2011). Para isso foram selecionados quatro fragmentos florestais situados em morros que se constituem em superfícies de erosão do Proterozóico (P1 e P2) e do Terciário (T1 e T2). Estes se encontram em diferentes estágios sucessionais, sendo o P1 secundário médio e os demais secundários iniciais (Uhlmann et al., 2012). Nos fragmentos foram delimitados terços em relação a declividade da encosta do morro, denominados terço superior (S), terço médio (M) e terço inferior (I).

Em cada um dos terços, de cada fragmento florestal, coletaram-se três amostras de serrapilheira estocadas no solo, com o auxílio de um quadrado metálico de área interna de 0,25 x 0,25 m. As amostras foram submetidas a um período de pré-secagem e posteriormente triadas nas frações folhas, ramos e cascas, materiais reprodutivos e restos (material amorfo de difícil identificação) (Scoriza et al., 2012). Além das frações da serrapilheira, as raízes finas presentes nas amostras foram separadas e submetidas aos mesmos processos das frações. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C por 24 horas e pesadas.

Para a avaliação dos teores dos macronutrientes das frações folhas, ramos e cascas e restos, estas foram moídas separadamente e encaminhadas para o Laboratório de Química Agrícola na Embrapa Agrobiologia. Na extração dos elementos químicos do material vegetal coletado foi utilizado o método da digestão úmida (sistema aberto), em que a matéria orgânica do tecido vegetal foi oxidada com ácidos minerais concentrados e a quente. Para determinar os teores de nitrogênio (N) utilizou-se a digestão sulfúrica pelo método de Kjeldhal. O fósforo (P) foi determinado por espectrofotometria com azul-de-molibidênio, o potássio (K) por fotometria de chama e o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) por espectrofotometria de absorção atômica. Para a quantificação do carbono orgânico as amostras foram submetidas à combustão em forno-mufla.

Com a finalidade de caracterizar o ambiente e contrastar este com os dados coletados de serrapilheira estocada, foram utilizadas informações de outros autores, como da vegetação, topografia, de características dos fragmentos florestais e do solo, contidos em Uhlmann et al. (2012) e Gomes et al. (2014) (Tabela 1).

O peso da biomassa seca das frações da serrapilheira foram transformados de g m<sup>-2</sup> para Mg ha<sup>-1</sup>. As informações contidas na Tabela 1 de “sim” e “não” foram transformados nas variáveis binárias 1 e 0, respectivamente. Para a análise dos resultados foi realizada avaliação da homogeneidade das variâncias dos erros pelo teste de Cochran e da normalidade pelo teste de Lilliefors. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste t (Bonferroni) a 5% de probabilidade. Análises de correlação de Pearson

**Tabela 1.** Dados sobre a vegetação, tamanho dos fragmentos florestais e tipo de solo utilizados para a caracterização dos fragmentos florestais de encosta em Itaboraí, RJ.

Fragmento	Terço	NE	DM	NI	TF	SI	SM	DV
P1	I	14	0,76	2800	21	Não	Sim	39
P1	M	16	0,81	3950	21	Não	Sim	20
P1	S	11	1,43	2250	21	Não	Sim	9
P2	I	8	0,47	1100	10	Sim	Não	46
P2	M	2	0,21	1400	10	Sim	Não	48
P2	S	4	0,15	1450	10	Sim	Não	29
T1	I	6	0,31	1750	7	Sim	Não	27
T1	M	8	0,48	1200	7	Sim	Não	25
T1	S	6	0,29	950	7	Sim	Não	15
T2	I	16	0,94	1550	3	Sim	Não	28
T2	M	18	0,72	1550	3	Sim	Não	22
T2	S	13	1,16	1700	3	Sim	Não	12

	LA	AVA	LVA	CAM	pH	DS	PS	
P1	I	Sim	Não	Não	Não	3,5	1,11	0,59
P1	M	Sim	Não	Não	Não	3,4	1,07	0,65
P1	S	Sim	Não	Não	Não	3,4	1,13	0,56
P2	I	Não	Sim	Não	Não	4	1,16	0,55
P2	M	Não	Não	Sim	Não	3,8	1,40	0,45
P2	S	Não	Sim	Não	Não	3,5	1,25	0,51
T1	I	Sim	Não	Não	Não	3,5	1,57	0,44
T1	M	Sim	Não	Não	Não	3,7	1,53	0,45
T1	S	Não	Não	Não	Sim	3,7	1,50	0,48
T2	I	Sim	Não	Não	Não	3,6	1,17	0,58
T2	M	Sim	Não	Não	Não	3,7	1,27	0,53
T2	S	Não	Não	Não	Não	3,4	1,20	0,50

NE = número de espécies vegetais; DM = dominância de espécies vegetais ( $m^2 ha^{-1}$ ); NI = número de indivíduos por hectare; TF = tamanho do fragmento florestal em hectares; SI = secundária inicial; SM = secundária média; DV = declividade (%); LA = latossolo amarelo; AVA = argissolo vermelho-amarelo; LVA = latossolo vermelho-amarelo; CAM = cambissolo; DS = densidade do solo ( $g cm^{-3}$ ); OS = Porosidade do solo (%)

foram consideradas significativas a 5%. Além disso, foram realizadas análises multivariadas de componentes principais, utilizando os dados coletados do estoque de serrapilheira, além da caracterização do local de estudo.

## Resultados e Discussão

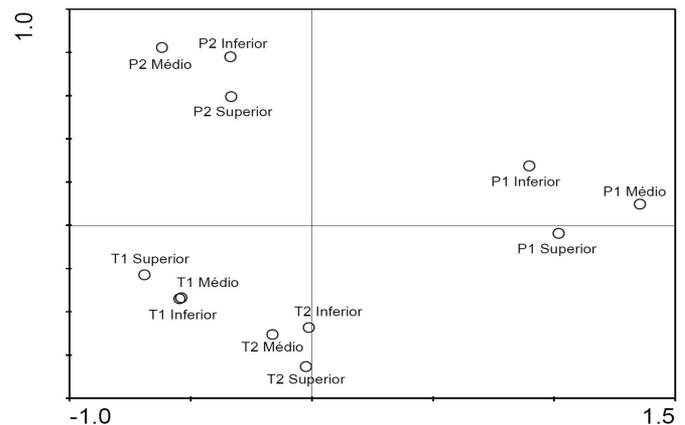
Através da análise de componentes principais dos dados da caracterização ambiental dos fragmentos florestais (Tabela 1) pôde-se constatar a formação de três agrupamentos: um formado pelos terços do fragmento P1, outro pelos terços do fragmento P2 e um terceiro formado pelos terços dos fragmentos T1 e T2. Além disto, destaca-se a semelhança entre os terços

do mesmo fragmento. Estes resultados demonstram que os fragmentos florestais do terciário apresentam semelhanças que os destacam dos demais, e que a divisão da encosta em terços não reflete nas características ambientais utilizadas.

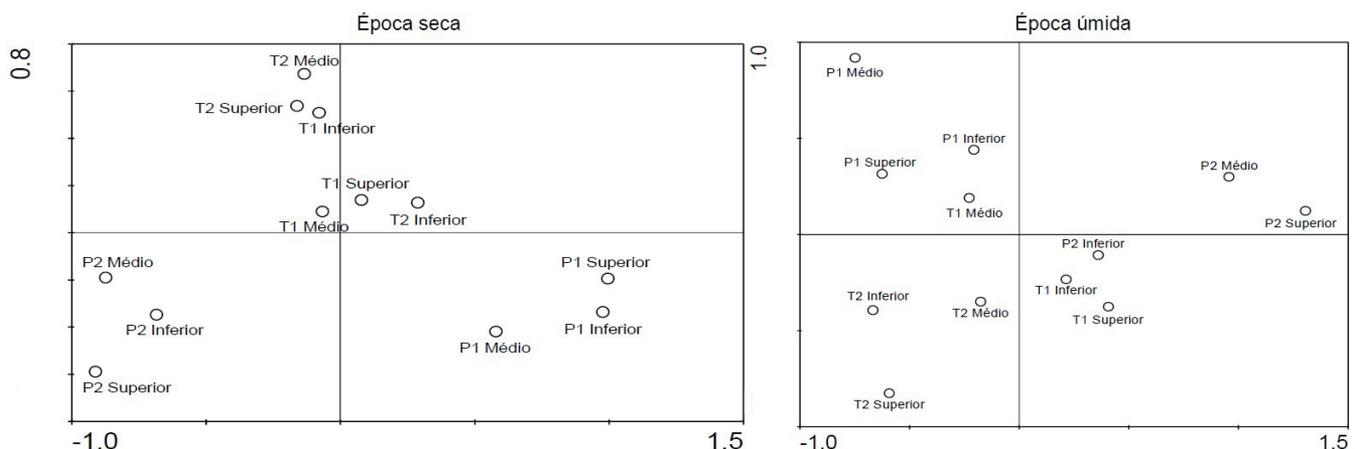
A agregação do conjunto de dados do peso da matéria seca da serrapilheira e os teores de macronutrientes (total e das frações), através da análise de componentes principais, geraram resultados distintos para cada uma das épocas avaliadas. Na época seca houve a formação de grupos semelhantes aos da Figura 1, sendo um grupo formado pelos terços do fragmento P1, outro grupo formado pelos terços do fragmento P2 e um terceiro grupo formado pelos terços dos fragmentos T1 e T2. Além disso também mostrou não haver diferenças entre os terços. Já na época úmida não foi possível visualizar grupos definidos (Figura 2).

De acordo com as informações das Figuras 1 e 2 há diferenças entre os fragmentos florestais e estas são mais relevantes que as diferenças entre os terços. Assim, para tornar a avaliação do estoque de serrapilheira florestal como indicador mais simples e com melhor poder de explicação (Llausàs & Nogué, 2012), esta será focada na comparação entre fragmentos florestais, desconsiderando a divisão dos terços da encosta. A partir disso, cada fragmento passa a ter nove repetições.

O estoque médio de serrapilheira nos fragmentos florestais foi  $6,0 \pm 0,3 Mg ha^{-1}$ , formado por 47,5% de folhas, 30,4%



**Figura 1.** Diagrama da análise de componentes principais utilizando dados sobre vegetação, tamanho do fragmento do solo em Itaboraí, RJ.



**Figura 2.** Diagrama de ordenação resultante da análise de componentes principais, utilizando-se o peso e teor de macronutrientes das frações das épocas seca e úmida.

de ramos e cascas, 3,1% de material reprodutivo e 19,1% de restos. Na época seca o estoque de serrapilheira total no fragmento P1, T2 e T1 foram maiores que no P2. Já na época úmida o estoque de serrapilheira no fragmento T2 foi maior que no P2 e semelhante ao T1 e P1 (Tabela 2).

Outros autores encontraram valores de estoque de serrapilheira similares aos deste estudo. Cunha et al. (2009) avaliando o estoque de serrapilheira em dois fragmentos florestais na região norte-fluminense encontraram uma quantidade média de 8,6 Mg ha<sup>-1</sup> em fragmentos florestais secundários. Watzlawich et al. (2012) avaliando o estoque de biomassa e carbono em um fragmento de floresta ombrófila mista, encontrou um estoque de serrapilheira de 8,01 Mg ha<sup>-1</sup>.

Quando se compara o estoque de serrapilheira dos fragmentos, pode-se constatar que o P2 apresenta menores valores em relação aos outros fragmentos florestais. Este resultado pode estar associado à diversidade florística deste fragmento, já que este fator está associado à heterogeneidade da serrapilheira (Correia & Andrade, 2008). A fim de confirmar isso, verificou-se correlações significativas entre a quantidade total de serrapilheira estocada na época seca e o número de espécies vegetais ( $r = 0,64$ ) e dominância ( $r = 0,69$ ), declividade ( $r = -0,62$ ) e pH do solo ( $r = -0,54$ ). Assim, a pouca diversidade de espécies no fragmento P2 (Tabela 1) é uma possível explicação para o menor estoque de serrapilheira neste fragmento, considerando que existe uma relação entre a estrutura da vegetação (densidade, número de espécies e biomassa florestal) com a biomassa de serrapilheira sobre o solo (Diniz et al., 2015). A relação negativa entre a serrapilheira e a declividade confirma parte da hipótese deste trabalho, mostrando que quanto maior a declividade, menor o estoque de serrapilheira.

Na época seca, apenas a fração restos apresentou diferenças entre os fragmentos florestais, sendo o P2 menor que os demais fragmentos. Já época úmida, a quantidade encontrada no T2 superou os demais fragmentos (Tabela 2). A fração resto é composta por materiais orgânicos em estádios avançados de decomposição (Scoriza et al., 2012). Sendo assim, quando se compara a quantidade da fração restos entre os fragmentos florestais, pode-se fazer inferências em relação ao seu grau de conservação. A decomposição da matéria orgânica pode ser dividida em três processos básicos que ocorrem simultaneamente: lixiviação, intemperismos e ação biológica (Haag, 1985). Assim, considerando que os fragmentos florestais estudados estão sujeitos às mesmas condições meteorológicas,

as diferenças encontradas entre os fragmentos florestais podem ser atribuídas pela diferente ação decompositora da biota do solo.

Em sistemas florestais mais conservados e com maior estabilidade climática conservam uma maior umidade atmosférica e temperaturas mais baixas, tornando-se ambientes mais propícios à proliferação de organismos decompositores e aumentando a taxa de decomposição (Nunes & Pinto, 2012). Portanto, o menor acúmulo da fração restos no fragmento P2, em ambas épocas, pode estar relacionado a uma menor velocidade de decomposição, determinadas principalmente pelas características químicas e físicas da serrapilheira do fragmento, que estimulam ou não a atividade de organismos decompositores da fauna e os microorganismos (Jiang et al., 2014). Além disso, a fragmentação do habitat e mudança do microclima causam alterações na abundância, diversidade, característica funcional e distribuição destes decompositores (Riutta et al., 2012).

O teor de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) da serrapilheira estocada seguiu a ordem: N > Ca > Mg > K > P. Independente do estágio sucessional do fragmento florestal, a serrapilheira acumulada é a principal via de transferência de N, Ca e Mg para o solo (Haag, 1985; Caldeira et al., 2008). De forma comparativa, Silva et al. (2012) avaliando o estoque de serrapilheira em fragmento secundário de floresta ombrófila densa submontana em Paraty, RJ, encontrou maiores teores de N (22,90) e Ca (11,33) e menores de P (0,48), K (0,06) e Mg (1,64) na serrapilheira. A Tabela 3 apresenta os teores para cada fração da serrapilheira analisado, em cada um dos fragmentos florestais.

A serrapilheira é considerada como a principal fonte de nutrientes via de transferência de carbono orgânico e nutrientes para o solo (Caldeira et al., 2008). A análise da relação C N<sup>-1</sup> nas frações avaliadas, permite diferenciar os fragmentos florestais estudados, sendo que frequentemente o maior valor é encontrado para fragmento florestal P2. Taylor et al. (1989) defendem a teoria de que a relação C N<sup>-1</sup> seria o melhor parâmetro para estimar as taxas de decomposição. Portanto, isto indica que a serrapilheira do fragmento P2 possui uma menor capacidade de fornecimento de nitrogênio para os organismos decompositores, confirmando os resultados encontrados do peso da fração restos (Tabela 2).

Para os demais nutrientes, também é frequente os menores teores no fragmento P2, em ambas as épocas. O nível de alteração do fragmento e a influência de atividades agropecuárias externas criam um sistema com menores

**Tabela 2.** Estoque de serrapilheira nos fragmentos florestais de encosta em Itaboraí, RJ.

Fragmento	Folhas	Ramos e cascas	Material reprodutivo	Restos	Total	Raízes
Época seca						
P1	2,84 a <sup>(1)</sup>	1,87 a	0,05 a	2,09 a	6,86 a	0,22 a
P2	1,77 a	0,78 a	0,07 a	0,70 b	3,32 b	0,01 b
T1	2,48 a	1,31 a	0,09 a	2,63 a	6,50 a	0,03 b
T2	2,51 a	2,07 a	0,52 a	1,74 a	6,83 a	0,06 b
Época úmida						
P1	2,69 a	3,00 a	0,07 a	0,37 b	6,14 ab	0,07 ab
P2	3,19 a	0,53 b	0,04 a	0,14 b	3,89 b	0,08 ab
T1	3,49 a	1,94 ab	0,36 a	0,17 b	5,96 ab	0,02 b
T2	3,69 a	2,99 a	0,26 a	1,26 a	8,21 a	0,23 a

<sup>(1)</sup> Letras iguais não diferem segundo o Teste t (Bonferroni) a 5%.

**Tabela 3.** Concentração dos macronutrientes, carbono e a relação C N<sup>-1</sup> nas frações do estoque de serrapilheira nos fragmentos florestais em Itaboraí, RJ.

Fragmento	Ca	K	Mg	N	P	C	C/N
	g kg <sup>-1</sup>						
<b>Época seca</b>							
Folhas							
P1	6,60 a <sup>(1)</sup>	0,71 a	3,19 a	20,57 a	0,67 a	458,26 a	24,73 b
P2	6,06 a	0,56 ab	1,65 b	10,68 b	0,52 bc	444,75 a	41,91 a
T1	7,12 a	0,53 b	2,58 a	16,86 a	0,63 ab	513,78 a	31,55 ab
T2	3,33 b	0,54 ab	1,53 b	17,46 a	0,43 c	486,59 a	28,51 b
Ramos e Cascas							
P1	7,76 a	0,56 a	2,49 a	16,40 a	0,52 a	516,09 a	31,85 b
P2	4,77 a	0,46 a	1,08 b	8,47 b	0,47 a	516,31 a	65,93 a
T1	4,90 a	0,41 a	1,71 b	15,31 a	0,41 a	546,24 a	35,94 b
T2	5,13 a	0,54 a	1,54 ab	15,79 a	0,45 a	526,15 a	34,00 b
Restos							
P1	4,43 a	0,49 a	1,75 a	16,42 a	0,51 a	324,68 a	21,28 b
P2	2,85 ab	0,40 a	0,71 b	6,51 c	0,43 a	232,46 a	37,53 a
T1	2,51 b	0,27 b	0,77 b	9,36 bc	0,40 a	302,87 a	33,99 ab
T2	2,12 b	0,46 a	0,87 b	11,31 b	0,38 a	260,12 a	24,46 ab
<b>Época úmida</b>							
Folhas							
P1	7,92 a	1,06 a	4,20 a	19,71 ab	0,60 a	468,09 a	24,57 b
P2	8,78 a	0,61 b	2,44 b	12,57 c	0,47 b	444,90 a	35,82 a
T1	7,96 a	0,62 ab	2,97 ab	17,12 b	0,59 ab	512,18 a	30,05 ab
T2	4,18 b	0,92 ab	2,23 b	20,63 a	0,55 ab	502,69 a	24,83 b
Ramos e Cascas							
P1	7,89 a	0,60 a	2,50 a	16,03 a	0,43 a	469,11 a	30,31 b
P2	5,25 ab	0,60 a	1,07 c	9,39 b	0,37 a	506,49 a	57,00 a
T1	6,56 ab	0,47 a	1,77 b	15,31 a	0,40 a	508,11 a	33,48 b
T2	4,89 b	0,80 a	1,82 b	16,48 a	0,42 a	531,29 a	32,75 b
Restos							
P1	5,02 a	0,58 ab	1,99 a	16,73 a	0,48 a	260,33 b	16,22 c
P2	4,67 ab	0,38 bc	0,75 b	5,96 c	0,49 a	287,29 b	48,82 ab
T1	3,56 ab	0,34 c	1,18 ab	9,34 bc	0,30 b	393,60 a	52,45 a
T2	2,21 b	0,69 a	1,17 ab	13,02 ab	0,47 a	332,39 ab	26,49 bc

<sup>(1)</sup> Letras iguais não diferem segundo o teste t (Bonferroni) a 5%.

condições ambientais, que suportam espécies menos exigentes nutricionalmente, que depositam serrapilheira com menores teores de nutrientes (Vogel et al., 2013). Este resultado pode estar relacionado ao menor número de espécies deste fragmento, como apresentado na Tabela 1.

Quando se considera que a fração folhas representa 47,5% da serrapilheira, espera-se que grande quantidade de restos sejam provenientes da trituração do material foliar pelos organismos do solo. Confirmando esta expectativa, houve correlação positiva entre peso de folhas seca e peso de restos secos, tanto na época seca ( $r = 0,76$ ) quanto na época úmida ( $r = 0,46$ ). Além disso, na época seca, o peso da fração restos apresentou correlação positiva com o teor de Ca ( $r = 0,56$ ), K ( $r = 0,52$ ), Mg ( $r = 0,62$ ), P ( $r = 0,61$ ) e N ( $r = 0,50$ ) das folhas. Na época úmida a relação com teor de Ca ( $r = -0,62$ ) foi negativa, sendo com K ( $r = 0,74$ ), P ( $r = 0,50$ ) e N ( $r = 0,82$ ) das folhas positivas. Estas correlações mostram que maiores teores de nutrientes nas folhas estão diretamente relacionados ao maior peso de restos, através do estímulo dos organismos trituradores de serrapilheira do solo. As atividades tróficas dos organismos dos organismos associados ao sistema solo-serrapilheira incluem, entre outras, a fragmentação de detritos vegetais e animais da serrapilheira, o que pode contribuir para a formação de materiais amorfos (Correia & Andrade, 2008).

Além da relação com a fração restos, houve correlações entre as concentrações de macronutrientes encontrados nas folhas com o peso seco das raízes finas, na época seca. Assim quanto maior a concentração de potássio ( $r = 0,80$ ), fósforo

( $r = 0,74$ ), nitrogênio ( $r = 0,82$ ) e magnésio ( $r = 0,78$ ) das folhas, maior a quantidade de raízes finas que, neste caso, foi estimado pelo peso da matéria seca. A proliferação de raízes finas na camada da superfície orgânica do solo no ecossistema florestal é vista como uma estratégia para adquirir nutrientes em solos inférteis, nos quais há limitação de nutrientes. Isso é muito importante em floresta tropical, onde a maioria dos solos são altamente intemperizados, e a camada de raízes, freqüentemente, desenvolve-se dentro da camada orgânica para captura, ao longo do ano, de nutrientes produzidos pela decomposição da matéria orgânica (Laclau et al., 2004). Esta relação foi comprovada por Powers & Pérez-Aviles (2013) que encontrou significativas correlações negativas entre a quantidade total de serrapilheira superficial e os conteúdos de nutrientes do solo de fragmentos de floresta secundárias na Costa Rica. As raízes finas também apresentaram correlações significativas com dados da vegetação, como número de total de indivíduos arbóreos na área ( $r = 0,70$ ) e densidade de indivíduos arbóreos ( $r = 0,63$ ).

## Conclusões

O estoque de serrapilheira confirmou ser um bom indicador ambiental, retratando os fragmentos florestais da mesma forma que suas características bióticas e abióticas, principalmente na época seca, sugerindo que no momento de estresse hídrico a estrutura e funcionamento dos fragmentos proporcionam diferentes graus de resistência a esta condição.

O fragmento P2 mostrou-se como o mais degradado e, de acordo com os grupos formados, pode-se confirmar que o fragmento P1 é o mais conservado. Esta informação é importante para futuros projetos de restauração florestal no local.

O fato da fração restos ser o melhor indicador ambiental neste estudo, mostra a agregação de fatores predita para um bom indicador, já que este material é resultado do aporte, estoque e decomposição promovida pelos organismos do solo.

## Literatura Citada

- 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. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n1p53>.
- Correia, M.E.F.; Andrade, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G.A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. (Eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 137-158.
- Costa, C.C.A.; Camacho, R.G.V.; Macedo, I.D.; Silva, P.C.M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de Caatinga na Flona de Açú-RN. *Revista Árvore*, v.34, n.2, p.259-265, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200008>.
- Cunha, G.M.; Gama-Rodrigues, A.C.; Gama-Rodrigues, E.F.; Veloso, A.C.X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.5, p.1175-1185, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500011>.
- Curcio, G.R.; Bonnete, A.; Resende, A.S. Compartimentação das paisagens. In: Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Bonnet, A. (Eds). *Monitoramento da revegetação do COMPERJ: Etapa inicial*. Brasília: Embrapa, 2014. p. 23-36.
- Diniz, A.R.; Machado, D.L.; Pereira, M.G.; Balieiro, F.C.; Menezes, C.E.G. Biomassa, estoques de carbono e de nutrientes em estádios sucessionais da Floresta Atlântica, RJ. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.10, n.3, p.443-451, 2015. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v10i3a4264>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. *Corredor ecológico do COMPERJ: um caminho verde para o COMPERJ*. Rio de Janeiro: Ecce Design S/C Ltda, 2007. 39 p.
- Gomes, J.B.V.; Curcio, G.R.; Dedecek, R.A.; Ramos, M.R. Atributos químicos e mineralógicos dos solos. In: Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Bonnet, A. (Eds). *Monitoramento da revegetação do COMPERJ: Etapa inicial*. Brasília: Embrapa, 2014. p. 103-118.
- Haag, H.P. *Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 114 p.
- Jiang, Y; Yin, X; Wang, F. Impact of soil mesofauna on the decomposition of two main species litters in a *Pinus koraiensis* mixed broad-leaved forest of the Changbai Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, v.34, n.2, p.110-115, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.06.005>.
- Laclau, J.P.; Toutain, F.; M'Bou, A.T.; Arnaud, M.; Joffre, R.; Ranger, J. The function of the superficial root mat in the biogeochemical cycles of nutrients in Congolese Eucalyptus plantations. *Annals of Botany*, v.93, n.3, p.249-261, 2004. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mch035>.
- Llausàs, A.; Nogué, J. Indicators of landscape fragmentation: the case for combining ecological indices and the perceptive approach. *Ecological Indicators*, v.15, n.1, p.85-91, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.08.016>.
- Machado, M.R.; Piña-Rodrigues, F.C.M.; Pereira, M.G. Produção de serrapilheira como indicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. *Revista Árvore*, v.32, n.1, p.143-151, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000100016>.
- Nunes, F.P.; Pinto, M.T.C. Decomposição do folheto em reflorestamento ciliar na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Minas Gerais. *Cerne*, v.18, n.3, p.423-431, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000300009>.
- Pinto, C.B.; Marques, R. Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da floresta atlântica. *Floresta*, v.33, n.3, p.257-264, 2003. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v33i3.2256>.
- Powers, J.S.; Pérez-Aviles, D. Edaphic factors are a more important control on surface fine roots than stand age in secondary tropical dry forests. *Biotropica*, v.45, n.1, p.1-9, 2013. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00881.x>.
- Riutta, T.; Slade, E.M.; Bebb, D.P.; Taylor, M.E.; Malhi, Y.; Riordan, P.; MacDonald, D.W.; Morecroft, M.D. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. *Soil Biology & Biochemistry*, v.49, p.124-131, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.02.028>.
- Scheer, M.B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). *Floresta*, v.38, p.253-266, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v38i2.11620>.
- Scoriza, R.N.; Pereira, M.G.; Pereira, G.H.A.; Machado, D.L.; Silva, E.M.R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. *Floresta e Ambiente*, v.2, n.2, p.1-18, 2012. <http://www.floram.org/files/v02n02/STv2n2.pdf>. 13 Fev. 2016.
- Silva, M.S.C.; Silva, E.M.R.; Pereira, M.G.; Silva, C.F. Estoque de serapilheira e atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. *Floresta e Ambiente*, v.19, n.4, p.431-441, 2012. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.058>.
- Taylor, B.R.; Parkinson, D.; Parsons, W.F.J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology*, v.70, n.1, p.97-104, 1989. <http://dx.doi.org/10.2307/1938416>.
- Uhlmann, A.; Bonnet, A.; Curcio, G.R.; Silva, A.P.; Gonçalves, F.L.A.; Resende, A.S. A cobertura vegetal das florestas e pastagens. In: Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Bonnet, A. (Eds). *Monitoramento da revegetação do COMPERJ: Etapa inicial*. Brasília: Embrapa, 2014. p. 223-243.

- Vogel, H.L.M.; Lorentz, L.H.; Azevedo, J.V.S.; Rott, L.A.G.; 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. <http://dx.doi.org/10.13086/2316-980x.v01n01a05>.
- Watzlawick, L.F.; Caldeira, M.V.W.; Vieira, M.; Schumacher, M.V.; Godinho, R.O.; Balbinot, R. Estoque de biomassa e carbono na floresta ombrófila mista montana Paraná. *Scientia Forestalis*, v.40, p.353-362, 2012. <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr95/cap06.pdf>. 13 Fev. 2016.