

Análise do estado funcional ecossistêmico em fragmentos florestais da Mata Atlântica inseridos em matrizes distintas

Fernando Amaro Pessoa¹, Fernando Vieira Cesário¹, Rodrigo Sá de Araujo¹, Evaristo de Castro Jr.².

1 Graduando em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Estagiário do Núcleo de Ecologia dos Solos Aplicada a Geografia (NESAG)

2 Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Coordenador do Núcleo de Ecologia dos Solos Aplicada a Geografia (NESAG)

Abstract

In the Atlantic forest biome, very fragmented and with high diversity of ecosystems, of species, and high endemism degree, the maintenance of the status of the biological diversity presupposes the recovery and conservation of the mosaic of existent fragments. In that context, the use of global functional indicators for the evaluation of the state of conservation of fragments, for the character of systemic synthesis that they act becomes interesting. In tropical forests ecosystems, the surface organic matter stock and the physical and chemistries characteristics of the soil are functional indicators of the decomposition subsystem and they are responsible in big measured by the maintenance and survival of the communities of those ecosystems group. The human action when fragmenting the forest ecosystems, as it substitutes the native forest for different forms of use of the soil, it creates different head offices that they exercise pressures differentiated on the fragment and, consequently, on the operation of the fundamental processes of the ecosystem that represents it. Thus, in the sense of understanding the state of functional conservation of fragments forest remainders of the Atlantic forest, in the extent of the Environmental Protection Area of Petrópolis - Rio de Janeiro, which interferes in the Mosaic of Units of Conservation of the Fluminense Central Atlantic forest and, in a larger scale still, in the Ecological Corridor of the Serra do Mar, in the present study the stock of organic matter of surface and the structural physical characteristics (texture and structure) and soil chemistry of four forest fragments are analyzed comparatively.

Key words: Atlantic forest, Global Functional Indicators, Forest Fragmentation, Humus Forms.

E-mail: fap_rj@hotmail.com (F. Pessoa), fv.cesario@gmail.com (F. Cesário), rodrigoaraujo.ufrj@gmail.com (R. Araujo), evaristo.cjr@uol.com.br (E. Castro Jr.)

1. Introdução

A partir da análise do atual estado de conservação da Mata Atlântica, considera-se este um dos ecossistemas mais ameaçados e devastados do planeta, sendo um dos 25 *hotspots* de biodiversidade reconhecidos no mundo pela União Mundial para a Conservação da Natureza (UICN), áreas que perderam pelo menos 70% de sua cobertura vegetal original, mas que, juntas, abrigam mais de 60% de todas as espécies terrestres (CÂMARA, 2005). Assim, tem surgido com total importância a questão de sua preservação, que se relaciona diretamente com a fragmentação florestal.

O desmatamento leva a fragmentação florestal, onde formações florestais estão circundadas por inúmeros tipos de habitats não florestado. (METZGER, 1999; CASTRO JR, 2002; FORMAN, R.T.T & GORDON, N, 1986) A fragmentação também pode ocorrer quando um ecossistema é subdividido pela ação do homem ou perturbações naturais, como o fogo, resultando em uma paisagem na qual permanecem alguns fragmentos da cobertura vegetal originais inseridos em uma matriz totalmente diferente. (KINDEL, 2001).

O fato é que a fragmentação florestal promove alterações de diversos tipos na paisagem, nas espécies, nas comunidades e nas populações, entre outros. Um efeito direto da fragmentação é a perda da área original, e o conseqüente isolamento de manchas remanescentes de florestas, o que, em síntese, significa a perda de habitat e a conseqüente diminuição da riqueza de espécies. (CASTRO JR, 2001; METZGER, 1999)

Os fragmentos que hoje existem, estão em sua maioria, inseridos em matrizes de diferentes tipos, como por exemplo, a urbana. As matrizes se configuram muitas vezes como barreiras para a dispersão de espécies, pois o tempo de isolamento, a distância entre fragmentos vizinhos, as características do ambiente entre os fragmentos e o grau de conectividade são determinantes na resposta da biota a fragmentação (KINDEL, 2001). Tal conectividade pode ser entendida como a capacidade da matriz em facilitar os fluxos biológicos de organismos, sementes e grãos de pólen entre os fragmentos (URBAN e SHUGART, 1986 *apud* METZGER, 1999).

Partindo da idéia de organização hierárquica da diversidade biológica (DI CASTRI, 1995; DI CASTRI & YOUNÉS, 1996), esta possibilita a avaliação do status da biodiversidade inter-sistemas a partir de variáveis que expressam os processos fundamentais do funcionamento da dimensão da vida: diagnóstico da integridade funcional de áreas de ecossistemas nativos. (KINDEL & GARAY, 2002). Ao avaliarmos a diversidade no nível de Ecossistemas, devemos levar em consideração tanto a diversidade interecossistêmica, como a diversidade intra-ecossistêmica. Nestas análises, podemos vir a utilizar os chamados Indicadores Funcionais Globais, os quais são variáveis que sintetizam o funcionamento do ecossistema, notadamente os dois processos maiores que o definem: produtividade e decomposição (GARAY & SILVA, 1995; PEREIRA, 2005). Com isso, podemos analisar a integridade funcional de tais fragmentos a partir dos indicadores funcionais globais, neste trabalho utilizamos as formas de húmus em sentido amplo e as características físicas e químicas do horizonte A1 do solo.

Formas de húmus em sentido amplo incluem toda a matéria orgânica do solo, podendo ser consideradas resíduos de plantas, material fecal e de animais entre outros, (PEREIRA, 2005) bem como o material orgânico misturado as primeiros centímetros do solo. KIEHL (1979) sugere que qualquer resíduo depositado no solo, seja ele animal ou vegetal, pode ser denominado matéria orgânica.

No entanto, PRIMAVESI (1987) defende que a matéria orgânica morta ainda intacta não tem efeito sobre a estrutura do solo. Já GRENN *apud* PEREIRA, (2005) coloca que as formas de húmus (sentido amplo) podem ser vistas como o material orgânico não decomposto sobreposto as solo mineral, assim como o material orgânico misturado as partículas minerais do horizonte A. As formas de húmus são compostas por camadas holorgânicas (inteiramente orgânicas) e hemiorrgânicas (composta tanto de material orgânico quanto material mineral).

Nos ecossistemas de florestas tropicais a ciclagem de nutrientes ocorre principalmente nas camadas que compõem a serrapilheira na interface com o solo. DIDHAM (1998) salienta que a decomposição da serrapilheira promove um ciclo de nutrientes vital para a produtividade das florestas. Nesses ambientes, o funcionamento do subsistema de decomposição é o maior responsável pela manutenção do ecossistema (JORDAN, 1982; HAAG, 1985; POGGIANI *et al.*, 1987).

Com isso, o topo do solo possui grande papel no processo de ciclagem de nutrientes em sistemas florestais tropicais, pois é nele que se encontram os maiores valores de C e N (GARAY & SILVA, 1995; KINDEL & GARAY, 2002), assim como boa parte da vida biológica responsável pela decomposição do estoque de matéria orgânica (SILVA, 1998).

Algumas características, como a presença de um horizonte de interface (Ai) e a grande quantidade de agregados de frações grandes encontrados nos horizontes hemiórgânicos, podem ser consideradas condições peculiares de sistemas florestais tropicais. Tal fato demonstra claramente que devemos dar atenção a essas questões na realização de estudos relativos a formas de húmus em ecossistemas de floresta Atlântica (KINDEL & GARAY, 2002). Além da agregação, a textura do topo do solo possui importante papel no desenvolvimento da atividade da fauna de decompositores, fundamental para a ciclagem de nutrientes em sistemas florestais tropicais (CASTRO JR., 2002).

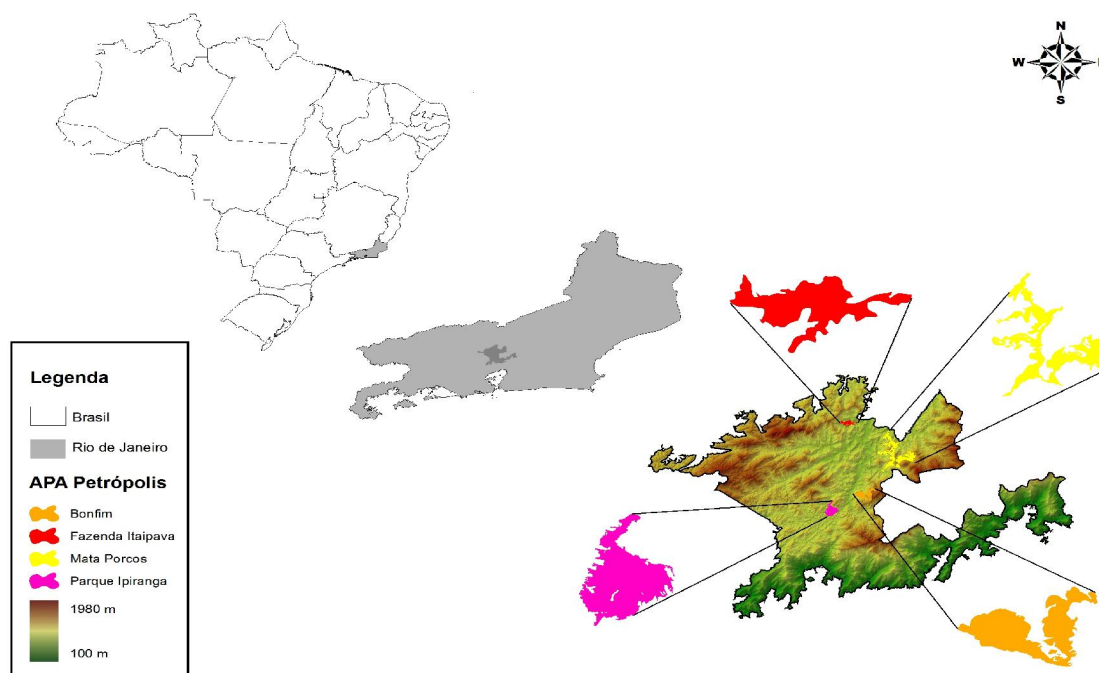
Além disso, diversas características químicas terão grande influência nas condições apresentadas pelos solos, onde, solos com alta CTC são considerados solos férteis. Assim, para que os solos apresentem um bom suprimento de nutrientes para as plantas, é necessário que estes possuam uma alta saturação em bases (%SB) e proporção de cátions próxima a ideal, isto associado a uma elevada CTC. Caso algumas dessas características estejam deficientes, ocorrerão problemas para a nutrição das plantas (KIEHL, 1979; TOMÉ, 1997).

2. Área de Estudo

O trabalho é realizado na APA de Petrópolis, criada pelo Decreto nº 87.561, em 13 de setembro de 1982, (primeira APA do Brasil), tendo sido delimitada pelo Decreto Nº 527, em 20 de maio de 1992, abrange parte dos municípios de Petrópolis, Magé, Duque de Caxias e Guapimirim, num total de 59.049 hectares. Na prática pode-se dizer que serve como um “tampão” que impede a degradação dos recursos naturais, uma vez que, 50% de sua área está coberta por Mata Atlântica.

No interior da APA, são encontradas outras Unidades de Conservação (UC's) como a Reserva Biológica de Araras e as RPPNs El Nagual e Fazenda Querência. Como todas essas UCs possuem nível de restrição maior que o da APA. Existem ainda outras UC's no entorno da APA, essas UC's juntamente com a APA de Petrópolis, formam o Mosaico de UCs da Mata Atlântica Central Fluminense.

Figura 1:



Fonte: Adaptado da base Fundação CIDE, cedido por *Estruturar*.

2.1 Características Físicas

Localizada na Serra dos Órgãos, parte integrante da Serra do Mar, a porção sul da APA Petrópolis corresponde às escarpas de falha da Serra do Mar, situada na faixa de dobramento remobilizado formado pelas escarpas e reversos desta Serra. Na parte sul da APA Petrópolis encontra-se escarpas de falha da Serra do Mar. Toda essa área drena para a Baía de Guanabara e grande parte será incorporada ao PARNASO brevemente. Entre os principais rios existentes na vertente sul da APA estão o Caioba, o Santo Aleixo e o Soberbo. Já a porção norte dessas vertentes é drenada pelo rio Piabanha e seus afluentes, com destaque para os rios da Cidade e Araras.

A paisagem que temos da APA é típica de escarpas de planalto, onde há afloramento de paredes rochosas gnáissicas, declividades íngremes. Há uma variação de altitude que vai da cota de 100 metros até 1919 metros (Pico da Maria Comprida).

2.2 Características da Vegetação

A APA de Petrópolis está inserida dentro do Bioma Mata Atlântica. Pela classificação brasileira, feita por IBGE, o domínio regional é o da Floresta Ombrófila Densa. Em cada local, dependendo dos solos existentes, do potencial hídrico médio do solo e dos mesoclimas circundantes, poderão ser observadas algumas vegetações características, como:

Florestas Densas (matas primitivas ou primárias), predominava praticamente em todo município de Petrópolis, porém é rara dias de hoje. Pode ser caracterizada pela imensa diversidade de espécies botânicas e da fauna em sua expressão original. Hoje, o que é observado, na maioria dos casos, são seus estágios variados da regeneração natural.

Florestas Densas Secundárias (matas regenerativas): A região de Itaipava, onde se localiza um dos fragmentos estudados, é dominada por essas regenerações espontâneas da floresta outrora

existente. Apresenta-se em diversos estágios da sucessão ecológica – desde inicial até avançado, quando chega a se confundir com a floresta primária;

Comunidades rupestres: Assim é chamada a vegetação que é típica de afloramentos rochosos, onde inexistem solos propriamente ditos ou restam apenas finas camadas de turfas sobre a superfície da rocha.

Campos de Altitude: Possuem muita ligação com as comunidades rupestres em termos de espécies botânicas e de expressão fisionômica, diferenciando-se basicamente daqueles por se apresentarem colonizando superfícies contínuas, mais suavemente onduladas e em altitudes maiores. Predominam vastas populações de gramíneas autóctones, ciperáceas, musgos, pteridófitas e briófitas muito primitivas. Também estão intimamente ligados aos litossolos altitudinais;

Matas Nebulares ou Nuvígenas: São matas de aspecto xerofítico e esclerófilo, típicas das beiradas dos mais altos morros da serra. Eram verdadeiros depósitos de espécies raras, principalmente das famílias botânicas Orchidaceae e Bromeliaceae. Atualmente devido aos repetidos e crescentes incêndios causados pelo ser humano, estão quase extintas em sua expressão original na região.

2.3 Descrição dos Fragmentos

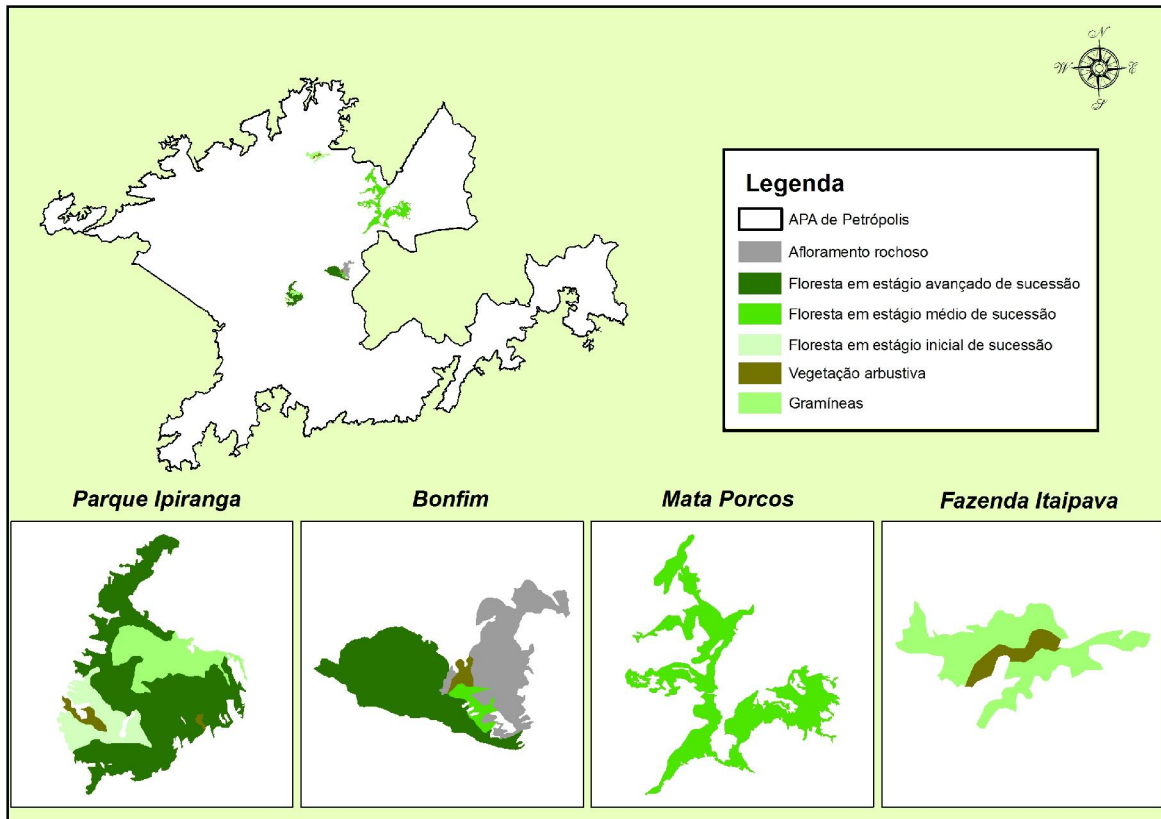
O fragmento I (Fazenda Itaipava), apesar de se localizar numa área dominada floresta secundária densa, a área apresenta forte domínio de gramíneas e espécies arbustivas. Boa parte do fragmento esta sendo loteada para um empreendimento de alto luxo, com a construção de condomínios e casas de veraneio. Determinadas áreas remanescentes de floresta nativa incorporada no fragmento estão sofrendo cortes no sub-bosque com fins paisagísticos. Doravante, podemos dizer que o fragmento esta inserido em uma matriz que se assemelha a uma área rururbano (uma fisionomia rural, porém sem o uso econômico de atividades agrícolas).

O fragmento II (Parque Ipiranga) trata-se de um Parque Municipal de proteção permanente (SNUC Lei 9.985), no entanto esse parque é utilizado para trilhas turísticas, também existindo algumas ocupações irregulares, a vegetação dominante deste fragmento, abarca florestas em estagio sucessional avançado, estagio inicial de sucessão, gramíneas e vegetação arbustiva. Localizado no centro de Petrópolis, sua matriz é urbana.

O fragmento III (Bonfim), esta localizado numa área periférica de Petrópolis, a vegetação dominante é composta por florestas em estágio avançado e médio de sucessão, assim como vegetações arbustivas. No entanto este fragmento apresenta um controle litológico na sua porção nordeste, com embasamento gnáissico aflorante. Grande parte do fragmento tem sua matriz circundante por floresta silvestre, no entanto a parte oeste do fragmento esta sofrendo avanço antrópico.

O fragmento IV (Mata Porcos), a vegetação dominante é composta por floresta em estágio médio de sucessão, dentre os outros fragmentos, o Mata Porcos, é o que apresenta uma forma mais alongada, caracterizando menor distancia entre as bordas. Este fragmento é circundado por áreas rurais de produção familiar e áreas de urbanização de baixa densidade, portanto podemos considerar a matriz circundante deste fragmento como rururbana.

Figura 2:



Fonte: Adaptado da base Fundação CIDE, cedido por *Estruturar*.

3. Operacionalização da Pesquisa

Para operacionalizar o trabalho, foram escolhidos quatro fragmentos florestais em diferentes contextos geográficos (rural, rururbano, urbano e silvestre) da APA de Petrópolis. Em cada fragmento foi estabelecido um transecto de 130 metros de comprimento a partir de 20 metros da borda do mesmo (a fim de evitar o Efeito de Borda). Ao longo de cada transecto, a cada 10 metros foi estabelecido um ponto amostral.

Para os estudos referentes ao estoque de matéria orgânica de superfície (Horizonte Holorgânico), no intuito de comparar os estoques (t/ha^{-1}) entre os sistemas amostrados, foram coletadas, em cada ponto, uma amostra com auxílio de um quadrado de $25 \times 25 cm^2$ para quantificação desses estoques. As amostras coletadas foram secas ao ar por 24 horas e após secas, foram separadas em laboratório em diferentes camadas com base em seus estágios de decomposição: Camada L (folhas íntegras recém caídas, mostrando pouca descoloração), Camada F (formada por restos foliares fragmentados), raízes finas, agregados, frutos e sementes e MFB (material fino bruto - todo o material $< 2 mm$). Para o processo de triagem foi utilizada uma peneira de 2 mm de malha ao qual as amostras foram submetidas a 15 minutos em um peneirador. Em cada amostra, todas as diferentes frações são secas em estufa – $60^\circ C$ por 24 horas e pesadas.

Já em relação à camada superficial do solo composto por material mineral e matéria orgânica humificada (Horizonte Hemiorgânico), foram coletadas, em cada ponto, duas amostras deformadas de solo (horizonte $A_i 0-3 cm$ e horizonte $A -3 - 15 cm$). As amostras do horizonte A_i

foram coletadas também com o auxílio de um quadrado de 25 x 25 cm², já as amostras do horizonte A foram coletadas com um cilindro de 13 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Tais amostras foram submetidas a análises químicas (macronutrientes, pH, carbono e nitrogênio), as quais foram realizadas segundo manual da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro Nacional de Pesquisas de Solos (EMBRAPA-CNPS, 1997). Também foram realizadas análises físicas (percentagem de agregados e textura). Para o estudo de percentagem de agregados é utilizado o método por via seca, EMBRAPA (1997), com o emprego de agitadores ROTAP de velocidade controlada e movimentos rotatórios com vibração, onde eram colocadas peneiras com 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 mm de malha e de 20 cm de diâmetro. Após todo o procedimento, foi realizado o cálculo da percentagem de agregados retidos em cada peneira, na seqüência: >2,0mm; 2,0 – 1,0mm; 1,0 – 0,5mm; 0,5 – 0,25mm, e menor que 0,25mm, além da percentagem de água obtida através de outra amostra de 100g submetida durante 24 horas a uma temperatura de 105° C na mesma estufa. Para determinar a composição granulométrica também foi utilizado o método EMBRAPA (1997), o qual baseia-se na velocidade da queda das partículas que compõem o solo. Neste processo podemos identificar a fração de argila através da sedimentação diferencial das partículas; as frações grosseiras (areia fina e areia grossa) são separadas por tamisação e a fração silte corresponde ao complemento (do somatório dos percentuais de argila e de areia) para chegar a 20g/kg (é obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original).

Na análise dos dados são calculados a Média e o Desvio Padrão como expressão sintética dos resultados. Para as comparações entre os quatro fragmentos, são empregados os testes de Kruskal-Wallis e Scheffé e para os sistemas (A_i e A₁) contidos num mesmo fragmento o teste de U de Mann-Whitney. Ambos os testes estatísticos constituem-se em testes não-paramétricos, os quais não exigem que as amostras venham de populações com distribuições normais ou qualquer outra distribuição particular. No caso do teste de Kruskal-Wallis (também chamado teste H), este usa postos de dados amostrais de três ou mais populações independentes. É usado para testar a hipótese nula de que as amostras independentes provêm de populações com a mesma mediana; a hipótese alternativa é a afirmativa de que as populações têm medianas que não são todas iguais. Já usando o teste de U de Mann-Whitney (equivalente ao teste da soma de postos de Wilcoxon), este utiliza os postos de dados amostrais de duas populações independentes. É usado para testar a hipótese nula de que duas amostras independentes provêm de populações com medianas iguais. A hipótese alternativa é a afirmativa de que as duas populações têm medianas diferentes (TRIOLA, 2008).

3 Resultados e Discussão

A presença ou ausência da quantidade de matéria orgânica na camada MFB e a relação C/N associado à fertilidade do horizonte A, é a base para a diferenciação das velocidades de decomposição do estoque de matéria orgânica de superfície (KINDEL & GARAY, 2002). Desta maneira, podemos perceber que o fragmento II pode ter sua velocidade de decomposição, mais lenta em relação aos fragmentos III e IV, (Tabela 2 e 3).

Porém, é clássica a suposição de que em região tropical e intertropical a temperatura desempenha um papel de fundamental importância na dinâmica da decomposição da matéria orgânica de solos, quando a umidade não é fator limitante (SWIFT et al., 1979). No entanto as tabela 1 e 2 ilustram que apesar das velocidades de decomposição mostrarem-se rápidas em todos os fragmentos, os fragmentos I e II possuem um acúmulo da camada holorgânica em relação aos outros fragmentos, L (0,09 t/ha), F (6,53 t/ha) e MFB (6,83 t/ha) e L (0,13 t/ha), F (7,23 t/ha) e MFB (7,68 t/ha) respectivamente. Esta acumulação pode estar indicando algum tipo de estresse nestes fragmentos.

Além disso, testes estatísticos mostraram que os fragmentos III e IV são diferentes dentre todos os fragmentos, e possuem o menor acúmulo para a camada L, $P < 0,05$. Para a camada F, o

fragmento III possui diferença significativa $P < 0,001$, além das mais altas médias de B.T (Cmol/kg), CTC (Cmol/kg) e % SB, respectivamente 9,95, 16,87 e 58,58 (tabela 1 e 2) mostrando uma velocidade de decomposição acelerada e uma boa fertilidade do horizonte hemiorgânico. Essas características podem estar indicando um bom estado de conservação deste sistema frente à fragmentação. Dados semelhantes foram encontrados por (KINDEL & GARAY, 2002; PORTELA & SANTOS, 2007).

O uso de fragmentos sobre matrizes diversas, assim como o efeito de borda podem provocar distúrbios na ciclagem de nutrientes de sistemas florestados (DIDHAM, 1998; NASCIMENTO & LAURENCE, 2006). CASTRO, JR (2002) aponta que distúrbios em ecossistemas podem afetar organismos decompositores, afetando assim o subsistema de decomposição. A decomposição essencialmente resulta na mudança do estado do recurso que sofre influência de diversos fatores bióticos e abióticos (SWIFT et al., 1979), e esses fatores podem ser controlados pela fragmentação florestal em matrizes distintas.

Em uma análise inter-fragmento podemos perceber que os agregados, os galhos, frutos e sementes, assim como a relação L/F não apresentam grandes variações (tabela 1).

As análises estatísticas intra-fragmento mostram de uma maneira geral que os horizontes Ai (interface) e horizonte A do solo comportam-se diferentes (tabela 2), como era de se esperar. Os valores de B.T (Cmol/kg), CTC (Cmol/kg), Ca^{++} (Cmol/kg), Ph, P (mg/kg), C (mg/kg), N (mg/kg) e % SB são consideravelmente maiores no horizonte Ai em relação ao A, entre todos os fragmentos. Esse fato evidencia claramente que ecossistemas de florestas tropicais, a ciclagem de nutrientes acontece nos primeiros centímetros do solo.

Esse fato corrobora a necessidade da preservação dos sistemas *in situ*, pois a alteração de uma camada relativamente fina de solos florestais pode propiciar a perda de grandes quantidades de nutrientes.

A significância estatística para a CTC (cmol/kg) dentre todos os fragmentos, não diferiu entre o horizonte Ai e horizonte A somente para o fragmento IV, mostrando um “quebra-cabeça” para a retenção de cátions (KIEHL, 1979) neste fragmento. A menor quantidade de Raízes finas 0,16 t/ha para o fragmento IV, além da significância $P < 0,01$ também para este fragmento, que o difere de todos os outros e a menor quantidade de CTC (cmol/kg) para o horizonte Ai neste fragmento pode ser o fator relevante.

O fragmento II apresenta alta acidez do Ph em H_2O tanto para a camada Ai como para o horizonte A do solo, 4,13 e 3,81 respectivamente (Tabela 2). Acidez com esses valores pode ser considerada de moderada a forte (COELHO, 1973). Solos com Ph muito ácido apresentam baixos teores de Ca, Mg e $(K)^3$ (TOMÉ, 1997) que no nosso trabalho pode ser evidenciado pela tabela 2. Já KIEHL (1979) aponta que em solos com Ph muito elevado, apresentam baixa saturação por bases (tabela 2). Existe uma relação direta do Ph com a saturação por bases, quanto maior o Ph, mais elevada será a % SB, embora não seja seguro se tentar prever o valor da Saturação pelo Ph.

Altos índices de Ph diminuem a população de bactérias responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (COELHO, 1973; TOMÉ, 1997) esse fato pode estar representado no fragmento II pelo maior acúmulo das camadas L+F+MFB (14,99 t/ha) tabela 1, assim como a menor agregação (1,35 t/ha) e a sua estrutura.

A estrutura de um solo pode ser definida como sendo o resultado da agregação de suas partículas primárias (areia, silte e argila), assim como da matéria orgânica, calcários e sais, originando formas definidas e estáveis denominadas agregados. Por não formarem agregados estáveis os solos arenosos são classificados como sem estrutura ou com estrutura em grão simples. Os solos com elevados teores de silte são também pouco estruturados, pois, apesar de ser uma fração fina, o silte não possui dimensão coloidal, não sendo, portanto, um agente cimentante (KIEHL, 1979).

A presença de partículas finas possibilita uma boa estrutura do solo, resultando na formação de agregados, aumentando desta forma a umidade e aeração do solo, assim como o desenvolvimento de fauna específica (DUCHAUFOR & TOUTAIN, 1985). Assim, de uma forma geral, os quatro fragmentos apresentam um grau de estruturação considerável, com destaque para a fração >2,0mm do horizonte A₁ dos fragmentos I e IV (Tabela 3).

Os principais fatores que influem na formação de agregados no solo são: a argila, a matéria orgânica e os esquióxidos de ferro e de alumínio, os quais funcionam como agentes cimentantes das partículas. Os cátions adsorvidos e o tipo de manejo do solo também irão influenciar o processo de estruturação. Para que ocorra a agregação, são necessárias duas condições: em primeiro lugar, que uma força mecânica qualquer provoque a aproximação das partículas do solo (ex.: crescimento de raízes, movimento de animais, etc) e, em segundo lugar, a presença de um agente cimentante, para dar estabilidade a união, gerando assim o agregado (KIEHL, 1979).

Pode-se observar na tabela 3 que, em todos os fragmentos apresentados, o total de agregados >2,0mm no Horizonte A₁ supera os valores encontrados no sub-horizonte Ai. Se, em princípio, os agregados maiores possuem maiores teores de C, ou seja, mais matéria orgânica que os agregados menores (PRIMAVESI, 1987), era de se esperar que os maiores valores fossem encontrados no sub-horizonte Ai. Porém, tal diferença acaba por ser amenizada por outras frações ainda grandes (2,0-1,0mm e 1,0-0,5mm), em que os maiores valores encontram-se no sub-horizonte Ai. Desta forma, uma maior quantidade de agregados maiores pode vir a propiciar uma estrutura mais favorável ao desenvolvimento da vegetação em sistemas florestais tropicais.

Em relação a percentagem de água encontrada nas amostras de solo coletadas, pode-se observar que os fragmentos I e II apresenta um total de água consideravelmente maior que os fragmentos III e IV, tanto no sub-horizonte Ai como no Horizonte A₁, o que pode estar indicando alterações microclimáticas entre estes (Tabela 3).

A grande concentração de agregados de frações grandes presentes no topo dos solos de florestas tropicais, identificada por (KINDEL & GARAY, 2002), mostra a importância do desenvolvimento de estudos que abordem essa característica peculiar dos solos desses ambientes.

Os constituintes minerais do solo exercem um papel fundamental no processo de humificação (sentido restrito), assim como no desenvolvimento das formas de húmus (sentido

Tabela 1: Comparação do estoque de matéria orgânica de superfície (Camada Holorgânica). Entre os Fragmentos I, II, III e IV.

	<u>Fragmento I</u> <i>(n=13)</i>	<u>Fragmento II</u> <i>(n=13)</i>	<u>Fragmento III</u> <i>(n=12)</i>	<u>Fragmento IV</u> <i>(n=13)</i>
Camada Holorgânica em t/ha				
L	0,09 (0,07)	0,13 (0,11)	0,03 (0,03) *	0,03 (0,03) *
F	6,53 (2,71)	7,23 (2,25)	3,67 (1,63) ***	3,72 (1,51)
L+F	6,58 (2,75)	7,31 (2,32)	3,70 (1,64) ***	3,74 (1,51)
L/F	0,0001 (0,0002)	0,0001 (0,0002)	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)
Agregados	2,63 (2,62)	1,35 (0,90)	3,42 (3,84)	1,60 (1,44)
MFB	6,83 (3,93)	7,68 (4,47)	7,25 (4,28)	6,29 (4,27)
L+F+MFB	13,41 (6,41)	14,99 (5,52)	10,95 (4,89)	10,03 (4,75)
Raízes Finas	0,70 (0,64)	0,57 (0,43)	0,51 (0,26)	0,16 (0,24) **
Galhos	3,04 (1,45)	2,64 (1,5,2)	3,15 (1,85)	2,25 (1,64)
Frutos e Sementes	0,06 (0,10)	0,11 (0,15)	0,12 (0,17)	0,03 (0,04)

Os Números correspondem a Média e o Desvio Padrão (entre parênteses). Quando existe diferença significativa pelo teste de Kruskal-Wallis e Scheffé entre os sistemas, o teste aparece na coluna referente ao fragmento diferente. ***: p< 0,001; **: p< 0,01; e * p< 0,05.

Tabela 2: Média e desvio padrão (em parentesis) da camada Hemiorgânica - Ai - e horizonte A. Por Fragmento.

	<u>Fragmento I</u>		<u>Fragmento II</u>		<u>Fragmento III</u>		<u>Fragmento IV</u>		<u>Ai (Interface)</u>				<u>Horizonte A1</u>			
	<i>Ai (n=13)</i>	<i>A1 (n=13)</i>	<i>Ai (n=13)</i>	<i>A1 (n=13)</i>	<i>(Ai) n=12</i>	<i>A1 (n=12)</i>	<i>Ai (n=13)</i>	<i>A1 (n=13)</i>	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Ph H ₂ O	4,45 (0,33)	3,92 (0,32) ***	4,13 (0,17)	3,81 (0,09) ***	5,39 (0,16)	4,85 (0,22) ***	4,71 (0,37)	4,26 (0,29) **	***				***			
Ca ⁺⁺ (Cmol/kg)	1,82 (1,04)	0,72 (0,23) ***	0,72 (0,16)	0,45 (0,11) ***	7,60 (2,87)	2,39 (1,48) ***	1,15 (0,81)	0,52 (0,16) *	***				***			
B.T (Cmol/kg)	3,60 (1,70)	1,13 (0,57) ***	1,21 (0,43)	0,55 (0,13) ***	9,95 (3,34)	3,56 (1,76) ***	2,28 (1,14)	0,75 (0,35) ***	***				***			
C.T.C (Cmol/kg)	11,85 (3,04)	8,25 (1,44) ***	12,46 (3,88)	8,05 (1,25) **	16,87 (4,70)	11,12 (2,33) **	9,95 (1,99)	9,14 (3,68)	***				*			
% SB	31,77 (17,27)	14,92 (10,90) **	9,77 (2,35)	7,00 (1,91) **	58,58 (7,55)	31,17 (11,77) ***	23,46 (12,46)	9,54 (6,75) ***	***				***			
P mg/Kg	6,69 (5,82)	3,31 (2,93) *	6,92 (2,69)	3,69 (1,44) **	5,17 (2,55)	3,75 (1,71)	6,54 (3,07)	4,69 (6,75)								
C g/kg	30,35 (9,83)	17,58 (4,95) **	30,98 (14,27)	15,77 (2,44) ***	43,10 (14,83)	22,71 (7,30) ***	23,91 (9,95)	16,43 (4,33) **	**							
N g/kg	3,05 (0,85)	1,92 (0,49) ***	2,84 (1,19)	1,62 (0,22) ***	4,18 (1,36)	2,54 (0,78) **	2,31 (0,58)	1,73 (0,29) **	***				**			
C/N	9,77 (0,73)	9,00 (0,71) *	10,77 (1,01)	9,77 (0,60) **	10,17 (0,83)	8,92 (0,67) ***	10,31 (2,02)	9,31 (0,95) *					**			

Os números correspondem à média e desvio padrão entre parênteses. Significância pelo teste U de Mann-Whitney entre camada Hemiorgânica e Horizonte A.

Quando existe diferença significativa pelo teste U de Mann-Whitney entre as camadas Ai e A1 dentro de um mesmo sistema, o teste aparece na coluna referente ao Horizonte A1. Nas colunas da direita estão as significâncias do teste Kruskal - Wallis e Scheffé por estação inter-sistemas, a legenda encontra-se na coluna do fragmento diferente. ***: p< ,001; **: p< 0,01 e * p< 0,05.

Tabela 3: Estrutura dos Agregados (%). Média e Desvio Padrão (em parênteses) da Camada Hemiorgânica - Ai - e Horizonte A. Por Fragmento.

	Fragmento I		Fragmento II		Fragmento III		Fragmento IV		Ai (interface)				Horizonte A1			
	<i>Ai</i> (n=13)	<i>A1</i> (n=13)	<i>Ai</i> (n=13)	<i>A1</i> (n=13)	(<i>Ai</i>) n=12	<i>A1</i> (n=12)	<i>Ai</i> (n=13)	<i>A1</i> (n=13)	I	II	III	IV	I	II	III	IV
>2,0mm	22,19 (10,10)	32,97 (7,75)**	23,22 (9,63)	28,46 (6,63)	18,09 (5,92)	19,87 (4,33)	19,42 (6,93)	31,17 (7,78)**								***
2,0-1,0mm	28,99 (3,90)	23,88 (3,26)**	22,92 (6,49)	21,48 (3,61)	27,56 (3,21)	24,66 (3,23)*	23,73 (3,31)	19,58 (2,35)**	**		**					**
1,0-0,5mm	23,90 (6,81)	17,14 (6,89)*	26,11 (8,11)	23,91 (5,87)	23,49 (4,39)	21,23 (4,98)	26,47 (6,59)	21,08 (3,97)*					*			
0,5-0,25mm	10,17 (3,92)	11,33 (6,75)	8,15 (8,57)	9,63 (4,95)	13,18 (4,21)	15,82 (3,41)	15,71 (5,29)	15,06 (4,09)	**				**	**		
<0,25mm	3,93 (2,39)	3,90 (1,42)	1,52 (2,24)	2,74 (2,44)	10,30 (2,98)	14,78 (4,18)*	9,19 (4,51)	8,45 (3,74)	***	***			***	***		
%água	9,63 (3,70)	10,70 (1,48)	17,67 (6,02)	13,77 (4,56)*	7,33 (3,66)	3,26 (1,15)**	5,49 (2,57)	4,74 (1,52)			***	***	***	***		

Os números correspondem à média e desvio padrão entre parênteses. Significância pelo teste U de Mann-Whitney entre camada Hemiorgânica e Horizonte A. Quando existe diferença significativa pelo teste U de Mann-Whitney entre as camadas Ai e A1 dentro de um mesmo sistema, o teste aparece na coluna referente ao Horizonte A1. Nas colunas da direita estão as significâncias dos testes Kruskal-Wallis e Scheffé por estação inter-sistemas, a legenda encontra-se na coluna do fragmento diferente. ***: p < ,001; **: p < 0,01 e * p < 0,05.

Tabela 4: Comparação das frações granulométricas do Sub-horizonte Ai entre os quatro fragmentos.

	Fragmento I (n=13)	Fragmento II (n=13)	Fragmento III (n=12)	Fragmento IV (n=13)
Textura de Material Livre de Matéria Orgânica (g/kg)				
Areia Fina	1,07 (0,24)***	1,26 (0,28)	1,91 (0,48)	1,92 (0,83)
Areia Grossa	12,24 (1,81)	12,85 (1,70)	13,13 (1,18)	11,49 (1,89)
Areia Total	13,32 (1,77)**	14,07 (1,54)	15,04 (0,87)	13,42 (1,34)**
Silte	6,49 (1,72)	5,84 (1,49)	4,89 (0,87)**	6,46 (1,31)
Argila	0,19 (0,05)	0,14 (0,05)	0,07 (0,02)***	0,13 (0,03)
F/G	0,52 (0,19)	0,44 (0,15)	0,33 (0,08)**	0,51 (0,16)
S/A	34,75 (2,99)	51,86 (41,65)	76,30 (24,09)**	53,06 (10,42)

Os Números correspondem a média e o desvio padrão entre parênteses. Quando existe diferença significativa pelo teste de Kruskal-Wallis e Scheffé entre os Sistemas, o teste aparece na coluna referente ao fragmento diferente. ***: p < 0,001; **: p < 0,01; e * p < 0,05.

F/G: Finos (silte+argila) / Grosseiros (areia total); S/A: Silte / Argila.

amplo), principalmente as argilas, no que diz respeito à formação de complexos argilo-húmicos (DUCHAUFOR, 1980).

A textura do solo, ao resultar em diferentes capacidades de retenção de água e de nutrientes induz diferenças na dinâmica da decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, em conteúdos de C e N diferentes. Além disto, as características texturais, ao influenciarem a distribuição percentual de poros no solo e o grau de agregação, podem facilitar, ou não, a existência de determinados grupos de animais edáficos (CASTRO JR., 2002).

Através das análises relativas a granulometria, podemos notar que os resultados obtidos não apresentam grandes variações. Ao classificarmos as médias dos transectos em cada fragmento segundo o triângulo de textura, podemos encontrar a classificação Franco – Arenosa nos fragmentos I, II e IV, e Areia – Franca no Fragmento III. Porém, analisando os dados de forma intra-sistêmica, verificando a classificação segundo o triângulo de textura das parcelas de um mesmo transecto, todos os resultados variam entre Franco-Arenosa e Areia-Franca (Tabela 4).

4 Considerações Finais

Em ecossistemas florestais tropicais, a heterogeneidade vegetacional, os tipos de solos e as características microclimáticas são muito diversas. É comumente aceito que em florestas tropicais úmidas a velocidade de decomposição da matéria orgânica de superfície é rápida, contudo, o processo de fragmentação produz diferentes matrizes que comprometem o estado funcional de sistemas florestais.

A ciclagem de nutrientes que escora a vitalidade desses sistemas acontece nos primeiros centímetros do solo. O horizonte Ai (interface) retém a maior disponibilidade de nutrientes e sustenta as mais altas taxas de fertilidade.

Os fragmentos que são circundados por matrizes Urbanas, apresentam os maiores estoques de camada holorgânica e as menores fertilidades e disponibilidades de nutrientes, revelando atuação estressante da matriz sobre o ecossistema. Esses fatos são caracterizados pela menor conectividade com outros fragmentos, entradas diferenciadas de luz, água e insolação que comprometem o subsistema de decomposição dificultando a ciclagem de nutrientes.

A utilização de indicadores funcionais globais para a análise do estado de conservação de ecossistemas circundados por diferentes matrizes mostrou-se próprio para o fim em vista. No entanto, a extrapolação desses indicadores para fragmentos florestais situados em ecossistemas diferentes, não deve ser usado sem uma avaliação da heterogeneidade interna desses fragmentos.

Agradecimentos

Ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo financiamento da pesquisa e a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), na figura do pesquisador Guilherme Donagemma, Situada no Jardim Botânico – RJ, Brasil. Pelo tratamento das análises químicas de solo.



Referências Bibliográficas

CÂMARA, I. G. (2005). Breve história da conservação da Mata Atlântica. In: Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica e Belo Horizonte: Conservação Internacional. 472p.

CASTRO JR, E. Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de florestas de tabuleiros, ES. (Doutorado). PPGG, UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

COELHO, F. S. (1973). Fertilidade do solo. Campinas, Instituto campineiro de Ensino agrícola. 2º Ed.

DI CASTRI, F. & YOUNÈS, O. T. Introduction: Biodiversity, the emergency of a new scientific field – it's perspective and constraints. // DI CASTRI, F. & YOUNÈS, O. (Eds.). Biodiversity, science and development towards a new partner ship. Wallingford, Oxon: Cab International & IUBS, p. 01-11. 1996.

DI CASTRI, F. The Hierarchical Uniqueness of biodiversity. Biology International Special Issue, 33: 54-57. 1995.

DIDHAM, R. K. Altered Leaf-Litter decomposition ratters in tropical Forest fragments. Oecologia, v. 116, p. 317-406. 1998

DUCHAUFOUR, PH. & TOUTAIN, F. Apport de la pédologie à l'étude des ecosystems. Buul. Ecol. 17: 1-9. 1985.

DUCHAUFOR, PH. Ecologie de la umification et pedogénèse. // PESSON, P. (ed.) Actualités d'écologie forestière. Sol, Flore et Faune. Paris. Gauthier-Villars. 177-200. 1980.

EMBRAPA/SNLCS (1997) "Manual de Métodos de análise de solos". Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, Iv.

FORMAN, R.T.T & GORDON, N, (1986). Landscape ecology, John Wiley & Sons, New York, 619 p.

GARAY, I. & SILVA, B. A. O. Húmus Florestais: síntese e diagnóstico das interrelações vegetação solo. Oecologia Brasilienses. Esteves. F. (ed.) Rio de Janeiro, pp. 19-46, 1995.

HAAG, H. P. Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais. Campinas, SP, Brasil. Fundação Cargill, 114p. 1985.

JORDAN, C. F. Amazon rain forest. Am. Sci. New Haven, 70: 394-401. 1982.

KIEHL E. J. (1979) "Manual de Edafologia: Relações solo-planta". São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979.

KINDEL, A. A fragmentação Real: Heteroginidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus. (Doutorado). Pós Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

KINDEL, A. & I. GARAY. Humus form in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil. Geoderma, v.108, n.1-2, p.101-118. 2002

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. Anais da Academia Brasileira de Ciências 1999. 445-463 p.

PEREIRA, T. F. P. D. Uso de indicadores funcionais globais no diagnóstico geobiofísico de casos de fragmentação da floresta Atlântica na Bacia do Rio Macacú (RJ) (Mestrado). IGEO, UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

POGGIANI, F.; ZAMBERLAN, E.; MONTEIRO Jr. & GAVA, I. C. Quantificação de deposição de folheda em talhões experimentais de Pinu Taeda, Eucalyptus viminalis e mimosa scabrella plantados em uma área degradada pela mineração de xisto betuminoso. IPEF, Piracicaba, v. 37: 21-29. 1987.

PORTELA, R.D.C.Q. e SANTOS, F. A. M. D. Produção e espessura da serrapilheira na borda e interior de fragmentos florestais da Mata Atlântica de diferentes tamanhos. Revista Brasileira de Botânica, V.30, P. 271-280. 2007.

PRIMAVESI, A. O manejo ecológico do solo. São Paulo: Nobel, 541p, 1987.

SILVA, R. F. Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura. Tese de Doutorado. UFRRJ-Seropédica, Rio de Janeiro. 1998.

SWIFT, M. J., HEAL, O. W., ANDERSON, J. M. (1979). Decomposition in terrestrial ecosystems. University of California Press. Berkeley.

TOMÉ JR., J. B. (1997). Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba. Agropecuária. 247 p.

TRIOLA, M. F. Introdução à Estatística (10ª edição). Rio de Janeiro: LTC, 2008.