

Relação Entre Topografia e Estoque de Matéria Orgânica no Parque Nacional da Tijuca – RJ.

Felipe Soter de Mariz e Miranda¹, Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella¹, Luis Felipe Kühner da Rocha Fragoso¹, Evaristo de Castro Júnior²

¹ Graduando do curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Professor Adjunto Doutor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Coordenador do Núcleo de Ecologia de Solos Aplicada à Geografia (NESAG).

E-mail: felipesoter@yahoo.com.br, evaristo.cjr@uol.com.br

Resumo

Em ecossistemas florestais o estoque da matéria orgânica de superfície reflete o funcionamento do subsistema de decomposição, que por sua vez, reflete as interações entre formas de cobertura vegetal e solo. Em ambientes florestais montanhosos o gradiente topográfico também é um fator condicionante importante no processo de decomposição, pois, controla a distribuição espacial de umidade no solo e a deposição local dos estoques. O presente estudo busca entender se o gradiente topográfico pode influenciar no processo de decomposição e em que condições os mesmos podem ser alterados. Para tal foram demarcados quatro transectos de 100 metros de extensão encosta acima ao longo das principais estradas que cortam o Parque Nacional da Tijuca. Ao longo dos transectos foram demarcadas quatro parcelas (0-10, 30-40, 60-70, 90-100 m). Em cada parcela foram coletadas cinco amostras de serapilheira para a análise dos estoques. Com o uso de *DGPS* foram coletados dados referentes ao posicionamento plani-altimétrico das encostas e foi elaborado um modelo digital de elevação de terreno. O objetivo foi relacionar tanto o acúmulo médio por parcela como o estoque geral com a declividade média de cada transecto.

Abstract

In terrestrial ecosystems, the superficial organic matter accumulation reflects the organic matter decomposition rates in the decomposition subsystem, which reveals the interactions between different soil vegetable coverage. In steep hillside forest environment the topographic gradient is also an important factor in the decomposition process, for it controls the spatial soil humidity as well as the local accumulation.

The present work studies the influence of the topographic gradient in the process of soil decomposition and the conditions in which it can be altered. For such, four 100 m long transects were settled in hillsides uphill areas in the major roads across the The Tijuca National Park. Such transects were subdivided in four parcels (0-10, 30-40, 60-70, 90-100 m). In each parcel were collected five samples of litter (for accumulation analysis). With the aid of a *DGPS*, data concerning the hillside plain-altimetric positioning were collected, and a digital model referring to the ground elevation was elaborated. The average accumulation in each parcel as well as the mean storage are compared with the average slope in each transect.

1- Introdução

Os ecossistemas são mantidos através de processos de transformação de energia e de ciclagem de matéria na interação operacional entre seus componentes. A energia vinda do sol é estocada por meio da fixação do CO₂, como parte dos processos fotossintéticos, na forma de biomassa vegetal. A ciclagem de nutrientes se dá pela decomposição da necromassa no subsistema de decomposição. Trata-se do material oriundo da biomassa viva que ao morrer cai, entrando em contato com o solo, que ao ser mineralizado pelas atividades microbiológicas pode ser recapturado pelo sistema dos produtores. Em um sistema florestal, cerca de 80% da biomassa produzida entra diretamente no subsistema de decomposição na forma de detritos orgânicos (Swift *et al.*, 1979). Ao entrarem em contato com o solo, estes detritos sofrem a influência de processos físicos, químicos e biológicos, sendo eles: lixiviação, fragmentação e catabolismo. Os dois primeiros consistem, respectivamente, na perda dos materiais mais solúveis pela ação dos fluxos d'água e na ruptura dos detritos em função, tanto de fatores físicos da natureza atmosférica, quanto pela ação biológica (Kindel, 2001; Castro Junior, 2002; Pereira, 2005). O terceiro pode ser considerado a etapa mais importante da decomposição e se dá pela ação de microorganismos decompositores, principalmente fungos e bactérias, através da oxidação dos detritos iniciando os processos de mineralização e humificação (Adl, 2003; Swift *et al.*, 1979). A mineralização é o processo de quebra das moléculas orgânicas com a formação de compostos inorgânicos mais simples. Já a humificação é um processo de neoformação: reagrupamento de elementos mineralizados com outros mineralizados ou não, onde se constituem novas moléculas de natureza coloidal que serão agregadas ao solo (Cerri *et al.*, 1992; Kindel, 2001).

Como nas regiões tropicais a fertilidade do solo é, em muito, comprometida pelas altas taxas pluviométricas, com grande perda de nutrientes por processo de lixiviação, a elevada produtividade e diversidade biológica dos seus sistemas florestais depende muito da eficiência da reabsorção dos nutrientes disponibilizados pelo próprio sistema através da ciclagem (Pereira, 2005). As plantas têm dificuldade de absorver os nutrientes na forma orgânica, de forma que é fundamental a importância da ação dos microorganismos que atuam no processo de mineralização (Kindel, 2001).

Diversos fatores naturais condicionam a ciclagem de nutrientes. Dentre estes, destacam-se como principais: o clima, a composição química dos aportes das espécies

vegetais para o estoque de serapilheira, o estado sucessional da floresta, a fertilidade do solo e a topografia.

A existência de microorganismos, em geral, depende de um conjunto de parâmetros ambientais. Por exemplo: a umidade como fator determinante à atuação destes a partir de uma relação direta, ou seja, quanto maior a umidade presente no solo, maior será a intensidade da atuação dos microorganismos (Adl, 2003; Swift *et al.*, 1979).

Neste trabalho, ressalta-se a influência da topografia na ciclagem de nutrientes, pois, esta atua tanto na heterogeneidade espacial das quantidades de acúmulo da serapilheira, como também, regula, através da declividade, pontos de maior ou menor acúmulo de detritos, quanto no condicionamento ao regime hídrico, formando gradientes de maior ou menor umidade (Cardoso & Schiavini, 2002). Sendo assim, trabalha-se com a idéia de que a importância da topografia como um fator condicionante para as taxas de ciclagem de nutrientes se dá, principalmente, pela geração de microambientes que condicionam a variação espacial da intensidade da atividade de microorganismos decompositores (Adl, 2003; Cardoso & Schiavini, 2002). Além de proporcionar um melhor entendimento da influência geral da topografia na espacialização da variância dos estoques de matéria orgânica de superfície (serapilheira) em uma floresta de encosta montanhosa com desenvolvimento sucessional de secundária tardia, o presente trabalho pretende contribuir para uma maior compreensão de como deve ser considerada a microtopografia em estudos referentes às definições de processos de formações de estoques de matéria orgânica em florestas de encostas montanhosas.

2- Materiais e Métodos

2.1-Área de estudo

Trata-se de uma floresta secundária tardia de encosta montanhosa pertencente ao Parque Nacional da Tijuca. Essa Unidade de conservação (3.972 ha) está inserida em uma matriz altamente urbanizada. A área apresenta clima definido como tropical de altitude, com precipitação média anual de 2.200mm, e temperatura média anual de 22°C. O substrato rochoso é de idade pré-cambriana, constituído predominantemente por gnaises diversos com algumas intrusões de granitos. A comunidade vegetal constitui uma floresta latifoliada perene

que se destaca pela diversidade de espécies (Fernandes *et al*, 2006). Apesar das imensas pressões exercidas pela matriz à qual está inserida, a Floresta da Tijuca, por ser uma área montanhosa, possui áreas em considerável estado de conservação e em estágio sucessional avançado, sendo classificada como floresta secundária tardia.

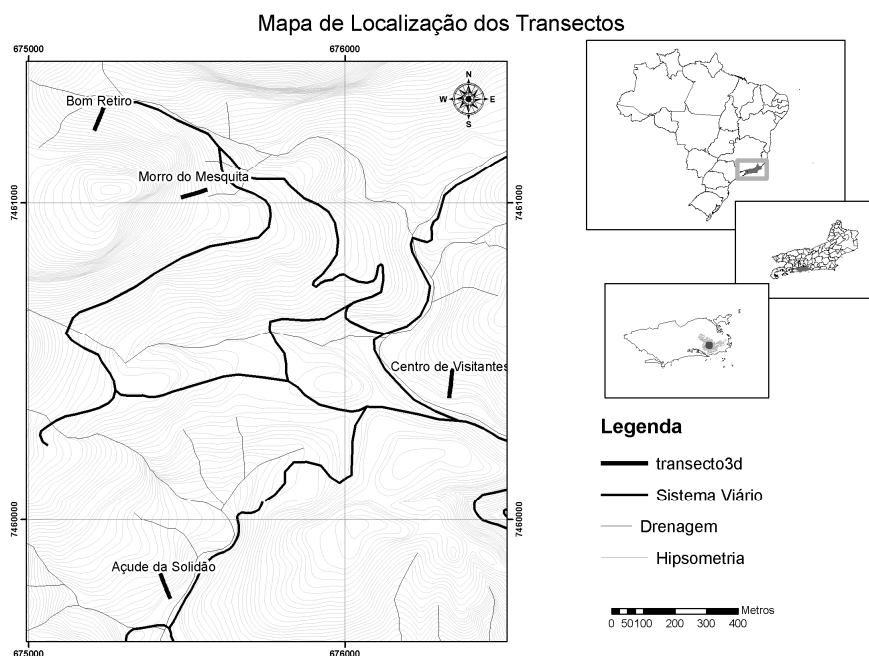


Figura 1: Mapa de Localização dos transectos.

2.2 – Escolha dos transectos e coleta das amostras

Foram demarcados 4 transectos (figura 1) com 100m de comprimento cada, todos eles em encostas próximas às estradas que cortam o Parque Nacional da Tijuca, de forma que refletissem situações de encosta diferenciadas e, ao mesmo tempo, baixa variação em outros fatores que influenciam na velocidade da decomposição, principalmente nos pesos específicos foliares, o que garante que os resultados sejam muito pouco afetados por variações induzida por diferenças na composição químicas das folhas como a presença de compostos de maior resistência.

Cada transecto foi dividido em 4 parcelas distintas, tendo cada uma 10m de comprimento por 10m de largura, de acordo com sua distância da base: 0 – 10m; 30 – 40m; 60 – 70m e 90 – 100m. Em cada parcela foram coletadas 5 amostras de serapilheira (camada holorgânica) de 0,25 x 0,25m.

2.3 - Tratamento das Amostras

As amostras foram tratadas a fim de se ter uma idéia da velocidade da decomposição de forma comparativa. Para isso as amostras de serapilheira foram secas em laboratório em uma estufa a 60°C. Posteriormente foi separado, com a ajuda de um peneirador, o material menor que 2,00mm (material fino bruto - MFB). O material restante foi separado em camada L (folhas íntegras ou recém caídas apresentando pouco ou nenhum ataque fúngico); camada F (folhas fragmentadas); raízes finas; e agregados.

Todo o material foi pesado em balança de cinco dígitos (eletrônica de alta precisão) separadamente e tratadas estatisticamente para que se obtivesse uma média para cada parcela. Neste processo também foi incluído o material fino bruto (MFB) que foi adquirido após a peneiragem.

Os agregados passaram por outro processo. Foram separadas 10g de agregados em cadinhos de porcelana para levá-los ao forno de mufla. No forno de mufla os cadinhos de agregados ficaram repousados durante 16h a uma temperatura de 375 °C. Nesse processo, a matéria orgânica foi queimada, obtendo o estoque de matéria orgânica em termos percentuais, desta forma, pode-se avaliar a contribuição da matéria orgânica na formação dos agregados.

2.4 - Levantamento Topográfico

Para o levantamento topográfico foi executado o georreferenciamento dos transectos através de GPS Diferencial, obtendo-se erro máximo de georreferenciamento de 1,2 metros, o que pode ser considerado satisfatório por se tratar de um rastreamento executado dentro de mata densa. As coordenadas foram carregadas no software Arc GIS 9.2, onde foi executado o desenho das parcelas e retiradas suas respectivas declividades médias a partir de um modelo digital de elevação trabalhado por Fernandes (2004) sobre mapeamento executado pelo IPP (Instituto Pereira Passos).

3 - Resultados e Discussões

Todos os dados referentes ao acúmulo de serapilheira e declividade topográfica foram expostos em uma tabela para cada transecto, contendo, por parcela, as médias da declividade em graus, mais a serapilheira total - que consiste na soma das camadas L, F e do material fino orgânico, além da percentagem de matéria orgânica dos agregados da serapilheira. Também se tem a razão entre as camadas L e F, para uma noção da velocidade da decomposição. Desta forma, analisa-se a heterogeneidade de cada transecto separadamente. Todos as médias estão acompanhadas dos respectivos desvios padrão e coeficientes de variação. Também consta, nas tabelas, a média geral para cada transecto para a comparação entre os transectos.

3.1 - Transecto do Bom Retiro

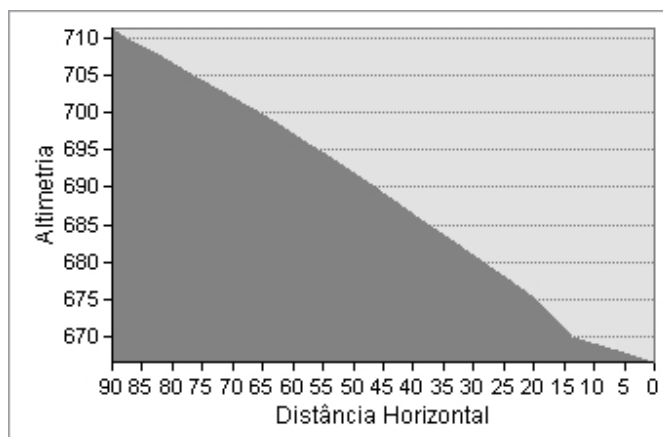


Figura 2: Perfil topográfico do transecto Bom Retiro.

Tabela 1: Bom retiro - declividade (em graus), serapilheira total - camada L + F + MFO - ($t \cdot ha^{-1}$), razão L/F e % de MO nos agregados da serapilheira. Média, desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação (%) em itálico.

Variáveis	0-10	30-40	60-70	90-100	Geral
Declividade	14,98 (0,05) <i>0,33</i>	30,37 (0,97) <i>3,19</i>	28,01 (0,94) <i>3,34</i>	24,99 (0,43) <i>1,70</i>	24,59 (6,77) <i>27,55</i>
Serapilheira Total	9,28 (3,86) <i>41,59</i>	4,44 (0,91) <i>20,49</i>	6,77 (1,66) <i>24,51</i>	6,06 (2,10) <i>34,65</i>	6,64 (2,13) <i>32,08</i>
Razão L/F	0,04 (0,08) <i>200,00</i>	0,06 (0,02) <i>33,33</i>	0,13 (0,08) <i>61,54</i>	0,07 (0,07) <i>100,00</i>	0,08 (0,06) <i>75,00</i>
% de MO nos Agregados	45,02 (27,35) <i>60,78</i>	80,8 (6,98) <i>8,64</i>	16,80 (9,34) <i>55,58</i>	73,8 (17,34) <i>23,50</i>	54,11 (29,30) <i>54,15</i>

Verifica-se no transecto do Bom Retiro uma variação na declividade onde a parcela 0-10 possui declive muito mais suave que no nas demais parcelas. Exatamente nesta parcela se encontra o maior estoque de serapilheira, indicando que existe alguma interferência negativa no processo da decomposição, também evidenciada pela baixa razão L/F, que nos indica que existe uma fragmentação relativamente rápida, mas que o material está acumulando na fase de ataque dos microorganismos. Este resultado não está de acordo com a hipótese comumente aceita: no contexto de uma encosta as áreas (escala local) com menor declividade apresentam uma maior velocidade de decomposição, em função do maior teor de umidade. Isto está ocorrendo em função desta parcela encontrar-se sob grande influência de efeito de borda, pois é área de contato com uma praça do parque. Esta perda de velocidade sob efeito de borda se dá, basicamente, por alterações microclimáticas que interferem na dinâmica da biota decompositora. Na parcela 30-40 tem-se a maior declividade e uma pequena relação L/F mostrando, que apesar de um menor estoque, a decomposição é um pouco mais lenta nesta parcela do que nas outras acima. O fato do menor estoque se deve justamente a ação gravitacional das folhas que irão tender a se acumular nas áreas mais planas logo abaixo, o que pode estar justificando, juntamente com o efeito de borda, o grande acúmulo na parcela 0-10. De forma geral, todo o transecto apresentou uma tendência a uma decomposição mais lenta, o que se justifica por estar em uma vertente voltada para o norte, que no caso do Parque Nacional da Tijuca apresentam um tempo de exposição maior ao sol.

3.2 - Transecto do Morro do Mesquita

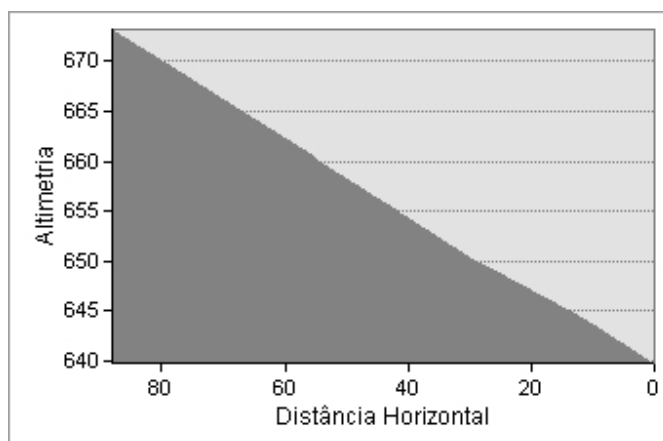


Figura 3: perfil topográfico do transecto Morro do Mesquita.

Tabela 2: Morro do Mesquita - declividade (em graus), serapilheira total - camada L + F + MFO - ($t \cdot ha^{-1}$), razão L/F e % de MO nos agregados da serapilheira. Média, desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação (%) em itálico.

Variáveis	0-10	30-40	60-70	90-100	Geral
Declividade	21,7 (0,75) <i>3,44</i>	21,9 (1,83) <i>8,36</i>	23,07 (0,13) <i>0,57</i>	21,35 (0,08) <i>0,39</i>	22,5 (0,82) <i>3,64</i>
Serapilheira Total	8,17 (3,16) <i>38,70</i>	8,25 (1,15) <i>13,96</i>	7,95 (3,24) <i>40,71</i>	8,25(4,38) <i>53,11</i>	8,16 (2,98) <i>36,62</i>
Razão L/F	0,06 (0,02) <i>42,17</i>	0,21(0,02) <i>9,56</i>	0,16 (0,07) <i>45,14</i>	0,06 (0,03) <i>47,50</i>	0,12 (0,04) <i>36,09</i>
% de MO nos Agregados	77,20 (4,09) <i>5,29</i>	76,13 (1,73) <i>2,28</i>	60,60 (14,14) <i>23,33</i>	69,17 (4,69) <i>6,80</i>	70,73 (7,67) <i>10,85</i>

No Morro do Mesquita a topografia é bem homogênea, o que se reflete na baixa variação dos estoques. Neste transecto se tem a maior declividade e o menor estoque na parcela 60-70. As diferenças de topografia são muito poucas para se esperar algum reflexo na velocidade de decomposição. A maior contribuição analítica deste transecto se dá na comparação entre os transectos.

3.3 - Transecto do Açude

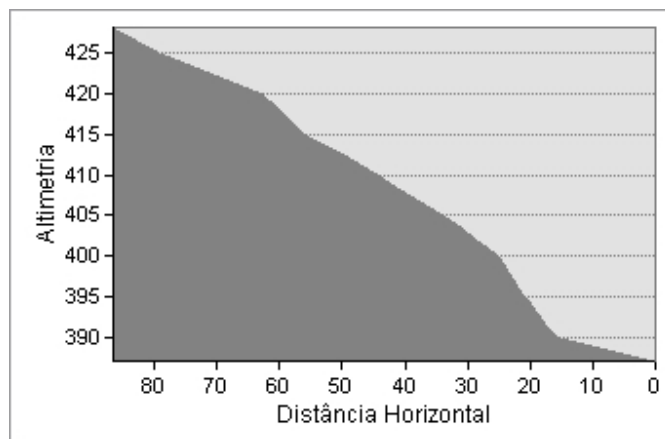


Figura 4: Perfil topográfico do transecto Açude

Tabela 3: Açude - declividade (em graus), serapilheira total - camada L + F + MFO - ($t \cdot ha^{-1}$), razão L/F e % de MO nos agregados da serapilheira. Média, desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação (%) em itálico.

Variáveis	0-10	30-40	60-70	90-100	Geral
Declividade Média	11,01 (0,20) <i>1,78</i>	29,36 (1,00) <i>3,41</i>	30,43 (7,00) <i>23,01</i>	21,43 (1,48) <i>6,93</i>	23,06 (8,98) <i>38,94</i>
Serapilheira Total	6,72 (2,26) <i>33,56</i>	8,92 (5,76) <i>64,58</i>	13,35 (7,91) <i>59,25</i>	9,58 (3,07) <i>32,10</i>	9,64 (4,75) <i>47,37</i>
Razão L/F	0,85 (0,30) <i>35,62</i>	0,30 (0,09) <i>30,64</i>	0,09 (0,09) <i>98,66</i>	0,35 (0,03) <i>8,63</i>	0,40 (0,13) <i>43,39</i>
% de MO nos Agregados	77,26 (7,78) <i>10,10</i>	74,80 (3,56) <i>4,76</i>	75,20 (3,03) <i>4,03</i>	51,60 (22,7) <i>43,99</i>	69,65 (12,07) <i>17,33</i>

O transecto do Açude é bastante interessante para a presente discussão. Sua topografia é bem heterogênea: tem uma base com baixa declividade, a qual aumenta consideravelmente à montante, só diminuindo um pouco na última parcela. Esta diferença é grande o suficiente para se esperar uma resposta no subsistema decompositor. É justamente na parcela 0-10 que se encontra o menor estoque total, juntamente com a maior relação L/F e a maior contribuição de matéria orgânica na formação dos agregados. Esta situação sugere que a topografia está condicionando uma decomposição mais rápida nesta parcela. A razão L/F indica que há equilíbrio entre a fragmentação e a ação dos agentes decompositores, o que proporciona o menor estoque total e a maior contribuição percentual de matéria orgânica na formação de agregados. No mesmo sentido, encontrou-se o maior estoque, a menor relação L/F e o segundo menor percentual de matéria orgânica na parcela 60-70, que possui a declividade mais acentuada. Comparando-se as razões L/F das duas parcelas de menor e maior declividade, 0-10 e 60-70 respectivamente, esta segunda tem declividade quase três vezes maior ($0-10 = 11,01^\circ$ e $60-70 = 30,43^\circ$) a relação L/F é mais de nove vezes menor ($0-10 = 0,89 \text{ t.ha}^{-1}$ e $60-70 = 0,09 \text{ t.ha}^{-1}$), o que mostra que nesta parcela há muita acumulação de material já fragmentado mas que o ataque dos microorganismos está prejudicado, o que atrasa, consideravelmente, esta etapa da decomposição. Isto confirma a hipótese de que a influência da topografia se dá, principalmente, pela capacidade de geração de micro-habitats que condicionam a intensidade da atuação dos microorganismos decompositores.

3.4 - Transecto do Centro de Visitantes

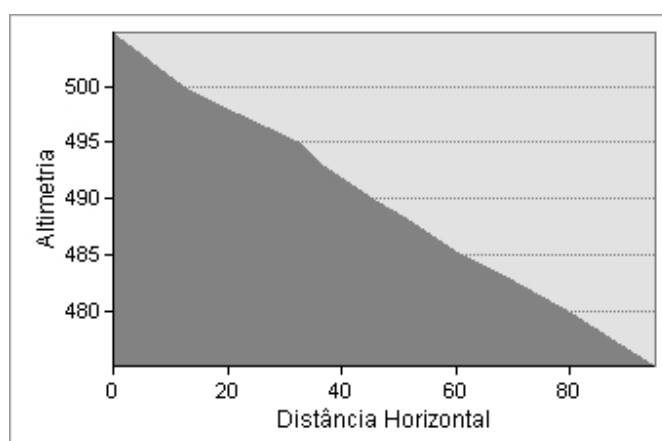


Figura 5: Perfil topográfico do transecto Centro de Visitantes

Tabela 4: Centro de Visitantes - declividade (em graus), serapilheira total - camada L + F + MFO – (t.ha⁻¹), razão L/F e % de MO nos agregados da serapilheira. Média, desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação (%) em itálico.

Variáveis	0-10	30-40	60-71	90-100	Geral
Declividade Média	18,23 (0,61) <i>3,36</i>	15,84 (2,57) <i>16,21</i>	19,24 (4,76) <i>24,72</i>	21,35 (0,08) <i>0,39</i>	18,67 (2,29) <i>12,26</i>
Serapilheira Total	5,52 (0,08) <i>1,50</i>	5,08 (0,18) <i>3,53</i>	6,28 (1,73) <i>27,54</i>	5,73 (1,65) <i>28,73</i>	5,65 (0,91) <i>15,33</i>
Razão L/F	1,18 (0,33) <i>28,01</i>	1,85 (0,18) <i>9,77</i>	0,61 (0,13) <i>21,09</i>	0,44 (0,18) <i>40,28</i>	1,02 (0,21) <i>24,79</i>
% de MO nos Agregados	22,02 (9,92) <i>45,11</i>	47,60 (29,31) <i>61,58</i>	24,40 (5,77) <i>23,65</i>	25,60 (4,28) <i>16,71</i>	29,91 (11,89) <i>39,76</i>

O transecto do Centro de Visitantes possui declividade média geral mais baixa em relação aos outros transectos, e também pouca variação de sua declividade. A parcela que se destaca mais da média geral é a 30-40, sendo a de menor declividade. Nesta parcela, também foi possível evidenciar a maior velocidade da decomposição como o esperado, pois possui o menor acúmulo geral, maior razão L/F e maior contribuição de matéria orgânica na formação dos agregados. A razão L/F segue exatamente o esperado, diminuindo de acordo com que aumenta a declividade.

Quando comparamos as médias gerais dos transectos, podemos observar que existe uma relação direta entre os coeficientes de variação das declividades e os das razões L/F, ou seja, quanto maior a variação da declividade, maior a variação desta razão. O Centro de Visitantes apresentou menor declividade e maior razão L/F, enquanto o Bom Retiro apresentou a maior declividade e a menor razão L/F. Isto sugere que a média da declividade de todo um transecto é capaz de condicionar diferenças nas médias gerais de acúmulo mesmo para transectos de alta heterogenidade de declividade. As médias gerais de acúmulo total de serapilheira seguem relação direta com o aumento declividade como o esperado, com exceção do menor acúmulo no Bom Retiro, isso se deve pelo fato de sua parcela 30-40 possuir um estoque bem menor do que as demais, provavelmente, pelo fato de sua alta declividade dificultar a retenção dos detritos pela ação gravitacional.

4 - Conclusões

A partir das análises ficou evidente que a topografia tem grande capacidade de condicionar a velocidade da decomposição e, conseqüentemente, determinar uma variabilidade espacial na distribuição do estoque de matéria orgânica de superfície,

confirmando assim a hipótese sugerida. Porém, esta relação não parece tão simples de se evidenciar apenas com a análise dos estoques totais, pois a topografia atua de duas formas conflitantes. No contexto da encosta, áreas (locais) de baixa declividade podem apresentar um aporte maior de serapilheira pela ação gravitacional. No entanto, as cinéticas destes estoques tendem para um desaparecimento mais rápido da serapilheira pela maior velocidade da decomposição em função da maior permanência da umidade, proporcionada pela topografia mais suave, já que a maior permanência de umidade possibilita uma ação mais intensa dos microorganismos decompositores. De uma forma geral, conclui-se que é relevante considerar a topografia para a compreensão da dinâmica do processo de decomposição em ambientes de encosta florestadas. O que torna interessante a reflexão sobre outros indicadores ou variáveis para estudar a existência desta relação além da camada holorgânica, como na camada hemiórgânica e no horizonte A do solo.

5 - Agradecimentos

Todos os integrantes do NESAG (Núcleo de Ecologia de Solos Aplicada à Geografia) que de alguma forma ajudaram na execução deste trabalho: : Felipe Alves, Fernando Cesário, Fernando Pessoa, Rodrigo de Araújo e Wallace da Silva.

Ao Laboratório Geo-Cart: Dr. Paulo Marcio Leal de Menezes e Dr. Manoel do Couto Fernandes.

6 – Referências Bibliográficas

Adl, S.M. (2003) The Ecology of Soil Decomposition. CABI Publishing. 335p

Castro Junior, E. (2002) Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de floresta de tabuleiros, ES. UFRJ, IGEO, Rio de Janeiro (Tese).

Cardoso, E., Schiavini, I. (2002) Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na estação ecológica do Panga (Uberlândia-MG). Revista Brasil. Bot., V.25,n.3:277-289.

Cerri, C.C., Andreux, F., Eduardo, B. P. (2002) O Ciclo do Carbono no Solo. In : Cardoso, E., Tsai, S. M., Neves, M. C. P. Microbiologia de Solo. Campinas, São Paulo: SBCS: 73-90.

Fernandes, M.C. (2004) Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológica. UFRJ, IGEO, Rio de Janeiro (Tese).

Fernades, M.C., Avelar, A.S., Netto, A.L.C. (2006) Domínios geo-hidroecológicos do maciço da tijuca, RJ: subsídios ao entendimento dos processos hidrológicos e erosivos. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Rio de Janeiro, Vol-29/2:122-148.

Kindel, A. (2001) Fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus. UFRJ, IGEO, Rio de Janeiro (Tese).

Pereira, T.F.P.D. (2005) Uso de indicadores funcionais globais do diagnóstico geobiofísico de casos de fragmentação da floresta atlântica na bacia do rio Macacú (RJ). UFRJ, IGEO, Rio de Janeiro (Dissertação).

Swift, M.J., Heal, O.W. & Anderson, J.M. (1979) Decomposition in Terrestrial Ecosystems. University of California Press, Berkley, Los Angeles, 327p.