



## RELAÇÕES ENTRE USO, DEGRADAÇÃO E VARIÁVEIS HIDROGEOMORFOLÓGICAS NAS TRILHAS ECOTURÍSTICAS DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS

Lia Lutz Kroeff – Geógrafa; Turismóloga; Msc em Geografia - PPGG./IGEO-UFRJ.  
Av. Athos da Silveira Ramos No. 274, Prédio de CCMN - Bl. G. Sala G1-023 - Cidade  
Universitária, Ilha do Fundão. Rio de Janeiro, RJ. CEP: 21941-909.

[liakroeff@hotmail.com](mailto:liakroeff@hotmail.com)

Telma Mendes da Silva – Professora Adjunta IV e Pesquisadora do Núcleo de Estudos  
do Quaternário e Tecnógeno (NEQUAT) - Depto. Geografia/IGEO-UFRJ.

[telmendes@globocom](mailto:telmendes@globocom)

**RESUMO:** O foco desta pesquisa foi a relação dos processos atuantes nas trilhas ecoturísticas com os atuantes nas paisagens. Ainda se faz necessário melhor compreender os processos atuantes nas trilhas com a dinâmica das paisagens em suas diferentes escalas. O objetivo geral foi contribuir com uma proposta metodológica para o planejamento e a avaliação do traçado de trilhas ecoturísticas. O trabalho teve como área de estudo o Parque Nacional da Serra dos Órgãos. A metodologia desenvolvida se embasou na estrutura de níveis hierárquicos da ecologia da paisagem de Forman (1995). Atribuiu-se ao nível +1 as variáveis hidrogeomorfológicas com mais influência sob a degradação das trilhas. Os resultados indicaram que trilhas localizadas em sub-bacias hidrográficas de primeira e zero ordem com amplitudes altimétricas maiores que 200 metros e declividades acima de 45%, estão mais propensas à degradação. Sob essas condições e distantes a menos de 30 metros da drenagem, em curvaturas convergentes em planta e côncavas em perfil estão mais sujeitas ao acúmulo de água; em curvaturas convergentes em planta e côncavas em perfil, mais sujeitas à erosão em sulco; e em curvaturas divergentes em planta e convexas em perfil mais propensas à erosão laminar.

**Palavras chave:** Trilhas ecoturísticas; Planejamento de trilhas; Variáveis hidrogeomorfológicas; Ecologia da paisagem.

**ABSTRACT:** The focus of this research was the relations between trails process and landscape process. It was realized that it's steel necessary a better comprehension between the trail process and the landscape dynamic into the different scales. The aim



of this work was to contribute with a methodological proposition to the planning and ecotourism trails lines. The work was developed in a national park, precisely the Serra dos Órgãos National Park. The work methodology was based on Formann's (1995) landscape ecology hierarchy theory. Based on that, to the level +1 was attributed the hidrogeomorfology variables with most influence on trails degradation. The results indicated that trails located in first order and zero order basins with altimetry differences higher than 200 meters and slope angle higher than 45% have more disposition for degradation. With this given conditions and also located at lesser than 30 meters of a drainage, in convergence plan curvature and concave profile curvature trails have more disposition to the water concentration; the ones located in convergence plan curvature and concave profile curvature have more disposition to the rill erosion; and those located in divergence plan curvature and convex profile curvature have more disposition to the laminar erosion.

**Key words:** Ecotourism trails; Trails planning; Hidrogeomorfology variables; Landscape ecology.

## 1 – INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das principais atividades em ecoturismo é a caminhada em trilhas e suas variantes (Andrade, 2003). Para Leung e Marion (1999, p. 167) as trilhas possuem dois propósitos, promover o acesso à experiência recreativa e o contato com a natureza e concentrar a passagem de pessoas em áreas mais resistentes e planejadas à passagem do homem. De acordo com Birkby (2006, p. 18), a trilha pode ser considerada uma chave de proteção dos recursos naturais, ou também uma cicatriz na paisagem, por ser uma zona sacrificada de vegetação, um corte linear sem dimensões definidas. No entanto, atende às necessidades demandadas, uma vez que concentra o uso humano por um corredor estreito de pisoteio, podendo poupar a paisagem de ser largamente pisoteada.

As trilhas podem ser ainda consideradas forças de tensão, as quais tendem a modificar as relações sistêmicas da paisagem, acarretando distúrbios mais ou menos intensos de acordo com as características do meio em que foi implantada. Cole (1983), Marion e Leung (2001) entre outros autores, ressaltam que os impactos mais expressivos nas trilhas são o lixo jogado ao longo do caminho, a proliferação de trilhas



secundárias, a perda de vegetação, as mudanças em sua composição, o seu alargamento, a compactação e incisão do solo, aumento de áreas com lama, exposição de raízes de plantas e a consequente erosão. À parte os impactos causados pela conduta imprópria dos usuários, os demais se relacionam à degradação física do ambiente, causados basicamente pelo pisoteio e pela má localização das trilhas, o que facilita a geração de processos erosivos. Olive e Marion (2009) expõem que a erosão em trilhas é a preocupação mais significativa dos administradores, não somente por ser a mais comum, mas também, por sua reversão envolver altos custos de manejo e por causar impactos espalhados no ambiente; quando expressiva, prejudica a experiência dos visitantes e cria dificuldades ou condições inseguras aos mesmos.

Muitas vezes, as trilhas não são planejadas de forma a propiciarem aos seus usuários o traçado mais seguro e de maior prevenção aos impactos ambientais. Comumente, são abertas pelos próprios usuários para chegarem a um atrativo turístico relevante mais rapidamente, ou simplesmente para vivenciarem mais intimamente a natureza em sua essência.

Bibliografias consultadas (como Kuss, 1986 e Cole, 1991) colocam que a melhor forma de se evitar a erosão é mediante um bom planejamento da atividade, com maior atenção à definição do traçado da trilha; porém, verificou-se uma incompatibilidade entre a escala usual adotada de planejamento – intermediária – e a de avaliação dos impactos – escala local. Percebeu-se uma deficiência de conhecimento da magnitude dos impactos existentes nas trilhas tanto em escalas mais amplas, como mais detalhadas, assim como em relação à verificação do impacto em variáveis correspondentes à avaliação da paisagem, como a geomorfologia ou a hidrografia, e variáveis que exigem uma averiguação mais local, como as propriedades do solo ou a vegetação. Também se constatou que a maior parte dos estudos se foca no monitoramento dos impactos causados nas trilhas, realizando uma baixa correlação com as variáveis ambientais.

O conhecimento da melhor localização de uma trilha em uma determinada área requer não somente o conhecimento das relações ecológicas – a exemplo da averiguação das áreas mais sensíveis –, como também, da interação da trilha com o meio. Ou seja, faz-se necessário compreender a influência do uso recreativo na dinâmica natural das paisagens. Tendo em vista que as interações variam com a escala, a compreensão deve perpassar diversas escalas.

Diante dessa problemática, o objetivo geral desse trabalho foi contribuir com uma metodologia de planejamento e avaliação do traçado de trilhas ecoturísticas.



Pretendeu-se elencar aos administradores de Unidades de Conservação as variáveis chaves que devem ser atentadas no momento de planejamento de novas trilhas, a fim de que os impactos sejam minimizados, principalmente a erosão.

O alcance do objetivo geral teve como pressuposto o alcance dos seguintes objetivos específicos: desenvolver uma metodologia de trabalho que integre a verificação dos impactos das trilhas com a constatação das variáveis que mais os influenciam; e indicar variáveis hidrogeomorfológicas que possam contribuir de forma mais enfática para a degradação das trilhas e que, portanto, devem ser atentadas no planejamento do traçado das mesmas.

## **2 - MATERIAIS E MÉTODOS**

Os estudos foram desenvolvidos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), que possui aproximadamente 11.000 ha (com projeto de expansão para 20.000 ha aprovado em 2008, porém não regulamentado ainda), e um sistema de trilha que perfaz aproximadamente 71 km, conforme figura 1.

O caráter da pesquisa demonstrou ter grande consonância com os preceitos da ecologia da paisagem, uma vez que essa busca o entendimento das causas e consequências da heterogeneidade espacial e de como elas variam com a escala e exercem influência na dinâmica natural e humana das paisagens (Turner, 2005). Apresenta ainda maior proximidade com a Teoria Hierárquica de Forman (1995), considerada um sistema de elementos ou unidades funcionais discretos ligados a duas ou mais escalas de operação.

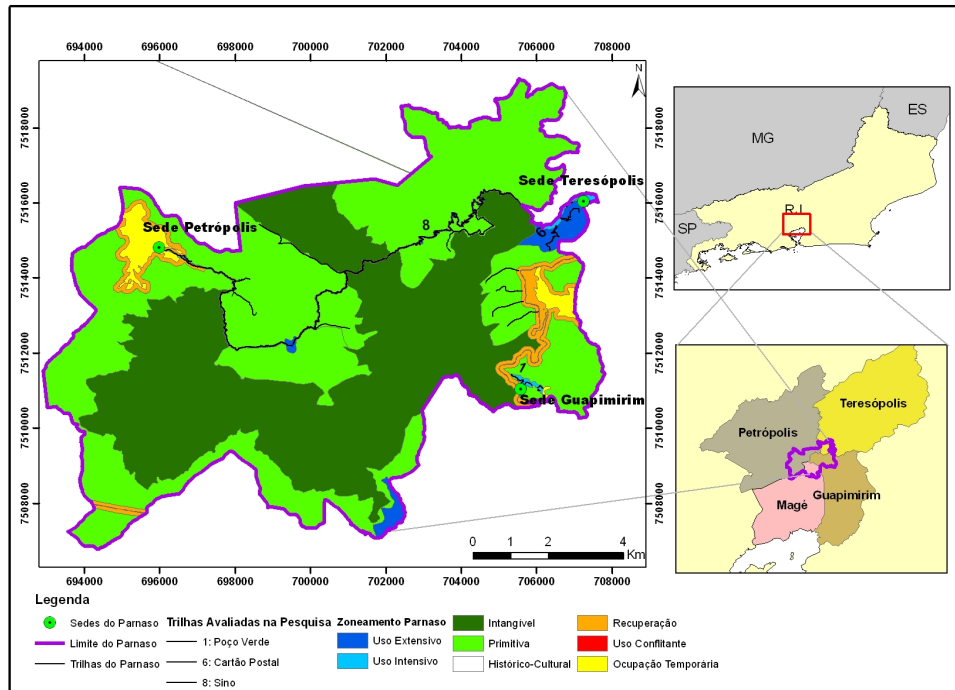


Fig. 1: Mapa de Localização do Parnaso e das Trilhas Avaliadas no trabalho.

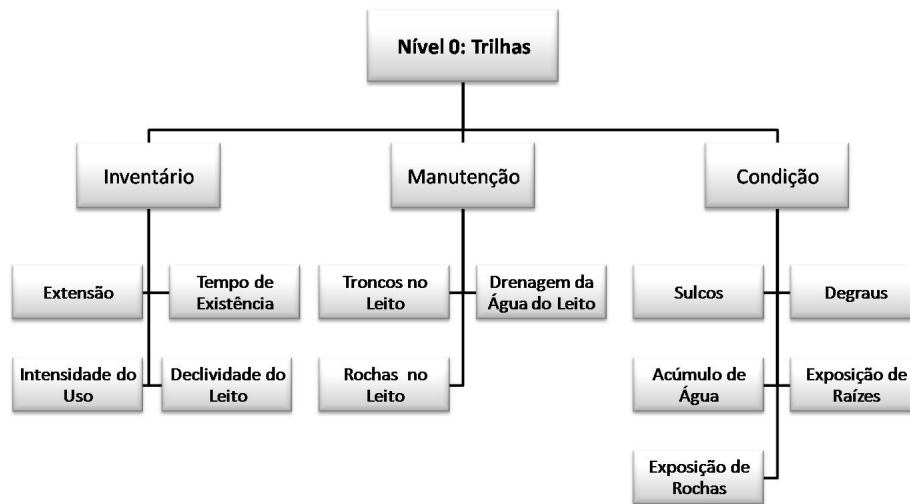
Num sistema, as propriedades de um nível hierárquico “N” dependem das interações ou associações existentes no nível “N -1” e são condicionadas (limitadas) pelo nível “N +1”. O’Neill (1988) afirma que sistemas complexos e multiescalares podem ser representados através de diagramas hierárquicos, onde o nível de interesse será o Nível 0 (ou Nível N), que poderá ser dividido dentro de seus componentes (Nível -1), sendo por sua vez, controlados por um nível mais elevado (Nível +1). As interações entre os componentes (Nível -1) fornecerão explicações sobre o fenômeno do Nível 0.

A metodologia desenvolvida se embasou na estrutura de níveis da teoria hierárquica da ecologia da paisagem. Averiguou-se, em diferentes escalas, as características do meio que mais influenciam às trilhas e o quanto e como os impactos causados pelas trilhas influenciam o meio. Essa averiguação foi fortemente embasada pelo referencial bibliográfico consultado da ecologia da recreação, com ênfase à Cole (1993 e 2004), Magro (1999), Marion e Leung (2001), Olive e Marion (2009) e Takahashi *et al.* (2005). Como as trilhas foram o foco desta pesquisa, atribuiu-se ao nível 0 (zero, ou N) as trilhas.

As variáveis levantadas no nível 0 foram elencadas com base nas pesquisas descritivas de trilhas consultadas. Com isso determinou-se três grupos, as variáveis associadas à abordagem das pesquisas com foco no inventário, na manutenção e nas condições das trilhas (Marion e Leung, 2001), conforme fig. 2. O método para avaliação



da manutenção e condições das trilhas foi o censal (*census-based*, conforme Marion e Leung, 2001), a fim de as subdividir em trechos homogêneos. As trilhas foram mapeadas com um GPS de navegação Garmin Map 60csx, o qual atingiu um erro planimétrico aproximado classe C do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) escala 1:25.000.



**Fig. 2: Fluxograma das Variáveis Associadas às Trilhas, Nível 0. Fonte: Kroeff, 2010.**

Posteriormente, averiguou-se a amplitude escalar superior que as trilhas poderiam influenciar o meio. Realizou-se um levantamento na escala 1:25.000 das variáveis hidrogeomorfológicas, as quais constituíram o nível +1 da Teoria da Hierarquia de Forman (1995). Justifica-se o foco do nível +1 às variáveis hidrogeomorfológicas por elas serem as que mais demonstraram influenciar os distúrbios existentes nas trilhas, especialmente o acúmulo de água e os processos erosivos.

A escala adotada vinculou-se aos dados que se dispunha, associados aos da base cartográfica do PARNASO, com equidistância de 10 m das curvas de nível. A utilização de dados mais detalhados levaria a necessidade de um novo levantamento planialtimétrico, o que seria inviável nesta pesquisa. Ao nível -1 foi atribuída às variáveis e propriedades do solo, no entanto, será dada ênfase neste artigo ao nível +1 e 0, a pesquisa na íntegra pode ser verificada em Kroeff (2010).

Os trabalhos de campo realizados demonstraram que no planejamento de trilhas a escala de análise hidrogeomorfológica deve se centrar nos segmentos da vertente e nos



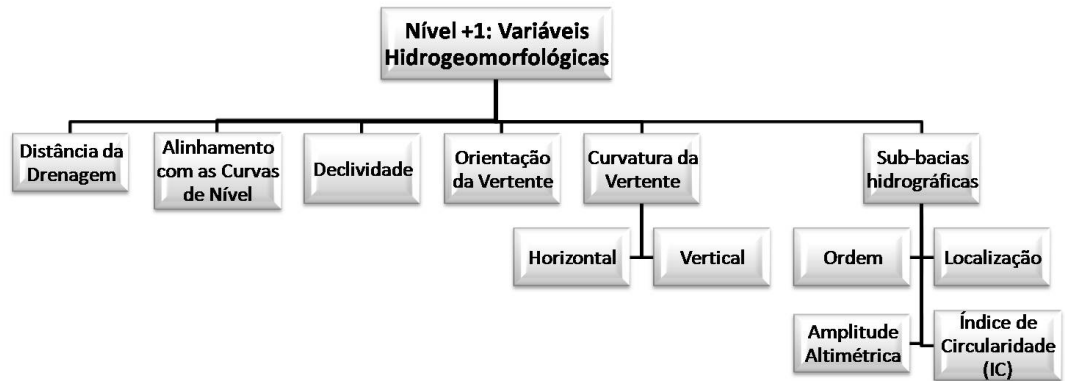
parâmetros morfométricos, tanto com relação à drenagem da bacia como ao relevo. A definição dos parâmetros levou em consideração as afirmações de Meis *et al.* (1982) de que canais maiores que 2ª ordem hierárquica, de acordo com a classificação de Strahler (1952), podem estar sujeitos ao predomínio de processos deposicionais, mascarando, neste caso, o índice de dissecação topográfica. Neste sentido, optou-se por trabalhar com o recorte espacial de sub-bacias hidrográficas de primeira ordem e zero ordem, para melhor localizar e dimensionar os processos hidrogeomorfológicos atuantes nas trilhas. As mesmas foram delimitadas pela ferramenta *ArcHydro* (com tamanho de 2.000 células) do *Arcgis 9.2* embasadas num MDT (Modelo Digital do Terreno) hidrologicamente consistente, gerado pela ferramenta *Topo to Raster*, também do *ArcGis 9.2*, com resolução do *pixel* de 2m. Os erros gerados pela ferramenta *ArcHydro* levaram a necessidade de re-delimitação manual das sub-bacias, tornando a geração automática, em verdade semi-automática, quase manual.

Além da ordem das sub-bacias hidrográficas, neste estudo limitadas as de primeira e zero ordem, também se avaliou a localização das trilhas, ou trechos e pontos específicos delas, na vertente. Isso, pois, em cada parte do perfil da vertente tende a predominar um processo geomórfico (Christofolletti, 1980, p. 40-41). No entanto, a localização não foi avaliada como fato isolado, mas sim, associada à forma e declividade, a fim de melhor compreender os processos atuantes.

Também foi verificado o desnivelamento altimétrico das sub-bacias, seguindo os preceitos da metodologia de mapeamento geomorfológico desenvolvida por Meis *et al.* (1982) e adaptada por Silva (2002). Justifica-se a verificação desta variável pela afirmação de Silva (2002) de que a amplitude altimétrica reflete o grau de encaixamento fluvial ou entalhamento erosivo das encostas. Avaliou-se também o índice de circularidade (IC) das sub-bacias, a fim de verificar a forma das mesmas. O IC é um parâmetro que mede a proximidade da forma da bacia ao círculo. Ele foi calculado a partir da fórmula proposta por Christofolletti (1980):  $IC = 4 \pi A / P^2$ , em que  $\pi = 3,14$ ; A = área da sub-bacia; P = perímetro da sub-bacia.

Às demais variáveis hidrogeomorfológicas avaliadas foram curvatura e orientação da vertente, declividade, alinhamento com as curvas de nível e distância da drenagem, conforme fig. 3.





**Fig. 3: Fluxograma das Variáveis Hidrogeomorfológicas, Nível +1. Fonte: Kroeff, 2010.**

A curvatura de perfil, ou curvatura vertical, relaciona-se com a dinâmica do fluxo de água no tocante à aceleração, já a curvatura em planta, ou curvatura horizontal, vincula-se à característica de convergência/divergência dos fluxos de água superficiais e subsuperficiais, que carregam sedimentos, inclusive matéria orgânica de pedogênese (Valeriano, 2003), o que caracteriza a importância de suas análises. Ambas curvaturas foram geradas através da ferramenta *3D Analyst Tools* do ArcGis 9.2. Os diversos pequenos polígonos gerados em cada classe (côncava, retilínea e convexa), em função de pequenas variações locais, levaram à necessidade da aplicação de filtros de suavização. A janela de  $21 \times 21$  pixels se mostrou válida, seguindo as recomendações de Correia (2008), sendo necessárias duas iterações para suavização das arestas e menor fragmentação dos polígonos.

Após esse procedimento foram determinados os intervalos das classes de cada curvatura, mediante vários ensaios e comparação com a dinâmica das curvas de nível, no caso da curvatura em planta, e do perfil das curvas, na curvatura em perfil. Os ensaios realizados compreenderam valores positivos e negativos de 0,1 a 0,001. Intervalos de -0,04 a +0,06 %/100m se adequaram bem, seguindo os padrões aproximados determinados por Stabile e Vieira (2009).

A declividade foi averiguada por ser condicionante dos processos morfogenéticos. Também foi gerada a partir da ferramenta *Slope* do *3D Analyst Tools*, com uma resolução de 2 metros. A mesma foi classificada em 6 classes de relevo, com base no Sistema Brasileiro de Solos: plano (0% a 3% de declividade); suave ondulado (3 a 8%); ondulado (8 a 20%); forte ondulado (20 a 45%); montanhoso (45 a 75%) e





escarpado (> 75%). Os polígonos muito fragmentados gerados levaram à aplicação de um filtro mediana  $7 \times 7$  pixels com quatro iterações.

A variável orientação da vertente foi considerada por sua possível influência nos gradientes de insolação e umidade o que condicionaria ambientes físicos diferentes nas vertentes. Supôs-se que elas poderiam ter influência na dinâmica das trilhas, principalmente com relação aos trechos com maior ou menor acúmulo de água. Pelos polígonos gerados pela ferramenta *3D Analyst Tools* também serem muito fragmentados, aplicou-se um filtro passa baixa  $7 \times 7$  pixels com duas iterações. Foram adotadas as dez classes geradas pela própria ferramenta.

Com base no referencial bibliográficos de trilhas (exemplo, Bryan, 1977 e Olive e Marion, 2009), o alinhamento das trilhas com as curvas de nível é considerado um fator de grande importância nas condições de degradação dessas; portanto, considerou-se relevante o avaliar. Essa variável não foi passível de ser medida quantitativamente, sua avaliação foi apenas qualitativa, a partir da verificação do acompanhamento dos trechos do traçado das trilhas – estabelecidos na etapa de levantamento das variáveis de nível 0 – às curvas de nível e ao MDT.

A distância da drenagem também foi avaliada, a fim de correlacioná-la com solos mais úmidos, encharcados e com concentração de água ao longo das trilhas. Ela foi gerada a partir da ferramenta *Path Distance* do *Spatial Analyst Tools* do ArcGis 9.2, tendo como informação de entrada os rios da base cartográfica fornecida pelo Parnaso, associados aos gerados pela ferramenta ArcHydro. As distâncias geradas foram classificadas em 13 classes, a cada 10 metros (0-10m, 10-20m, 20-30m e assim sucessivamente) até 100 metros (resultando em 10 classes), e de 100-200m, 200-400m e acima de 400m. Essa classificação levou em consideração, primeiramente, o erro planimétrico do traçado das trilhas, ao redor de 15m, e também a resolução número 303 do Conama que determina as áreas de preservação permanente ao longo das faixas marginais das drenagens com diferentes dimensões.

Os levantamentos das variáveis correspondentes a cada nível hierárquico foram realizados em trilhas com condições ambientais, tempo de existência e intensidade de uso diferentes, além da localização em ambientes e zonas distintos. Foram elas: Trilha do Sino, Trilha do Cartão Postal – ambas localizadas na sede de Teresópolis do Parnaso, na bacia do rio Paquequer – e Trilha do Poço Verde – localizada na sede de Guapimirim, na bacia do rio Soberbo, conforme figura 1. O levantamento nas três trilhas objetivou não somente atingir uma heterogeneidade espacial, mas também,



temporal, ainda que as avaliações não tenham envolvido períodos mais ou menos prolongados, mas somente tempo de existência das trilhas diferenciados. Ressalta-se que a metodologia foi desenvolvida e adaptada para um ambiente serrano, em uma área de estudo com condições ambientais diferenciadas, certamente outras variáveis seriam elencadas, assim como, seus respectivos intervalos de valores.

### 3 - RESULTADOS

De maneira geral, as variáveis hidrogeomofológicas avaliadas nas três trilhas demonstraram que a Trilha do Sino é mais propensa à degradação. Ainda que seu traçado esteja majoritariamente alinhado com o terreno, não cortando-o bruscamente, a grande amplitude altimétrica (média de 259m) das sub-bacias pelas qual passa – entre as classes mais altas definidas por Silva (2002) – e as altas declividades do terreno – entre as classes montanhoso e fortemente ondulado – tendem a gerar um elevado entalhamento do relevo. Se as características predominantes do relevo pelo qual a trilha percorre (altas declividades e altas amplitudes altimétricas das sub-bacias) estiverem associadas a trechos em que a trilha corta a base de sub-bacias de primeira ordem e com índices de circularidade mais próximos de 1 (um), considera-se que a ocorrência de processos erosivos concentrados e acúmulos de água é quase inevitável.

A partir da análise da curvatura em planta do relevo foi possível verificar as áreas mais propensas à concentração de água, as quais coincidem com as áreas centrais das sub-bacias. Diante disso, o número expressivo de sub-bacias pela qual a Trilha do Sino passa, também consequência de um relevo muito escarpado, e a sua localização mais significativa no baixo curso delas, tornam-na igualmente mais suscetível à degradação. Quanto à orientação da vertente, há um predomínio de leste e nordeste, o que representaria áreas mais úmidas.

A Trilha do Cartão Postal possui condições hidrogeomorfológicas menos agravantes do que a Trilha do Sino, principalmente por se localizar em um relevo menos escarpado, uma vez que a amplitude altimétrica das sub-bacias pela qual passa é menos expressiva (133m), o que pode ser explicado por sua localização mais próxima da porção intermediária da Bacia do Paquequer. Porém, o relevo em que se localiza possui altas declividades, caracterizando-se por fortemente ondulado a montanhoso. A posição majoritária de seu percurso nas porções superiores das sub-bacias e os consequentes maior distanciamento das drenagens (não cruzando nenhuma), assim como,



predominância da localização nas classes divergentes e convexas das vertentes contribuem para tendências menos agravantes de degradação. Além disso, a orientação oeste (51%) predominante de suas vertentes tenderia a menores taxas de umidade no relevo das sub-bacias.

A Trilha do Poço Verde é a que possui condições hidrogeomorfológicas menos agravantes, principalmente, por se localizar na porção intermediária da Bacia do Soberbo, onde as classes de declividade suaves são mais expressivas. O que mais influencia suas boas condições são as baixas a médias declividades do relevo em que esta localizada e o seu leito plano, ainda que essa variável seja de nível 0.

O levantamento das variáveis de nível 0 levou a constatação de que a Trilha do Sino está em piores condições entre as três analisadas, principalmente pelos trechos com erosão em sulco e os diversos trechos e pontos com concentração de água. A inexistência ou precariedade do manejo em diversos trechos acarretam condições bastante precárias, como o leito bastante irregular, ou a transformação da trilha em um riacho, consequência do desvio da drenagem. O seu longo percurso, associado às características hidrogeomorfológicas predominantes do relevo em que está inserida, facilitam a ocorrência de muitos pontos de degradação.

A Trilha do Cartão Postal demonstrou condições medianas, uma vez que as variáveis de nível 0 não apontaram trechos com erosão em sulco e tampouco acúmulos de água exacerbados, com água escoando no leito da trilha, ainda que em dois trechos poças tenham se formado, principalmente nos dias chuvosos. As condições referidas também são enfatizadas pelo leito mais declivoso e a consequente elevada quantidade de troncos; a partir destes se pode apontar maiores propensões à erosão, principalmente a laminar; no entanto não é possível determinar se ela é significativa.

O levantamento das variáveis de nível 0 averiguou boas condições na Trilha do Poço Verde, uma vez que foi verificado apenas dois pontos com um pequeno acúmulo de água, pouco expressivo, uma vez que poças não foram formadas.

A avaliação conjunta das variáveis de nível +1 com as de nível 0 levou a constatação daquelas com maior influência nos impactos verificados nas trilhas, resumidas na tabela 1.

#### **4 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**



A fundamentação da metodologia proposta na Teoria da Hierarquia de Forman (1995) se mostrou extremamente eficiente, uma vez que demonstrou que as condições gerais da trilha (nível 0) dependem das associações existentes entre as variáveis hidrogeomorfológicas (nível +1). Pode-se afirmar que foi proposto um modelo preliminar não sistematizado das trilhas, uma vez que o estudo das mesmas trouxe à tona a necessidade da melhor compreensão e priorização de alguns processos atuantes nelas. Mais do que isso, proporcionou um entendimento da “realidade” das trilhas. A melhor compreensão de alguns processos atuantes nelas tornaria possível uma posterior simulação mais sistematizada.

O levantamento das variáveis em três trilhas com tempo de existência, intensidades de uso e condições do leito diferenciadas permitiu a constatação de um comportamento determinístico em relação ao impacto da compactação do solo, no sentido de quanto maior o tempo de existência e a intensidade de uso das trilhas, mais expressivo será o impacto do pisoteio humano na compactação do solo. Essa verificação corrobora a afirmação de Cole (2004) de que os impactos são inevitáveis com o uso repetitivo.

A avaliação conjunta das variáveis de nível 0 com as de nível +1 permitiu a averiguação dos avanços ou confirmações deste trabalho com relação às pesquisas que tem como foco as comparações de degradação-meio; além do alcance dos objetivos estipulados. Verificou-se que trilhas localizadas em sub-bacias com altas amplitudes altimétricas (acima de 200 metros) e altas declividades (acima de 45%) estão mais susceptíveis à ocorrência de impactos. A associação dessas características às expostas a seguir as tornaria mais susceptíveis a impactos específicos.

**Tabela 1: Avaliação Geral das Condições das Trilhas e dos Distúrbios mais Propensos à Ocorrência.**

TRI-LHA	Condições Gerais	Variável de Nível +1	Distúrbios Propensos à Ocorrência	Condições condizentes com a Zona em que está inserida?
Trilha do Sino	RUINS	Relevo escarpado e grande amplitude altimétrica das sub-bacias, média de 258m = serras escarpadas. Essas variáveis associadas à:	Maior ocorrência de erosão	NÃO: os impactos não são mínimos e há muita alteração humana, divergente com a zona de <u>uso</u>



TRI-LHA	Condições Gerais	Variável de Nível +1	Distúrbios Propensos à Ocorrência	Condições condizentes com a Zona em que está inserida?
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curvatura convergente em planta e/ou côncavas em perfil e distância da drenagem inferior à 30 metros, além de vertentes orientadas de nordeste a norte.</li> </ul>	<p>Maior predisposição à concentração de água no leito.</p>	<p><u>extensivo</u> em que se localiza. Os impactos não se restringem à área da trilha, houve indícios que eles se propagam pela área das sub-bacias de 1ª e zero ordem em que a trilha está inserida.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização no médio e baixo curso das sub-bacias, associadas a vertentes divergentes em planta.</li> </ul>	<p>Maior predisposição à erosão em sulco no leito.</p>	
Trilha do Cartão Postal	BOAS	<p>Média da amplitude altimétrica das sub-bacias: 133m, correspondente à classe morros, associada a:</p>	<p>Menor propensão ao acúmulo de água e à erosão em sulco.</p>	<p>SIM: ainda em harmonia com o meio e com impactos controláveis, concordante com a zona de <u>uso extensivo</u> em que se localiza.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização no curso superior das sub-bacias, em vertentes divergentes em planta e convexas em perfil e grande distanciamento das drenagens.</li> </ul>		
	MEDIA-NAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas declividades do leito da trilha, altas declividades do terreno (maior que 45%) e curvatura divergente em planta e convexa em perfil.</li> </ul>	<p>Maior predisposição à erosão laminar e à ocorrência de degraus.</p>	
Trilha do Poço Verde	BOAS	<p>Localização em porção mais plana do terreno, entre declividades de 20 a 45%; baixa declividade do leito e curvatura divergente em planta e</p>	<p>Menor propensão ao acúmulo de água e à erosão em sulco.</p>	<p>SIM: impactos condizentes com a zona de uso intensivo.</p>



TRI-LHA	Condições Gerais	Variável de Nível +1	Distúrbios Propensos à Ocorrência	Condições condizentes com a Zona em que está inserida?
		convexa em perfil.		
	MEDI A-NAS	Baixa declividade do leito e curvatura divergente em planta e convexa em perfil.	Maior compactação do solo e propensão à ocorrência de degraus.	

Ou seja, as características hidrogeomorfológicas citadas influenciam a maior ocorrência de impactos nas trilhas, com foco nos processos erosivos e acúmulos de água; por sua vez, as trilhas tendem a desviar os cursos de água e aumentar os processos erosivo das sub-bacias em que estão localizadas. Nestes casos, poder-se-ia afirmar que o estudo da trilha calcado nas sub-bacias de primeira e zero ordem se torna ainda mais condizente, uma vez que as trilhas estão influenciando – e sendo influenciadas – quase toda a área das sub-bacias. Além disso, estima-se que se a tendência de erosão for elevada na escala temporal, a longo prazo a trilha poderá interferir tanto a jusante (os rios coletores das sub-bacias pela qual passa), como também ocasionar erosões a montante, ou a partir da própria trilha.

No entanto, trilhas que não possuem as características hidrogeomorfológicas expostas parecem influenciar e serem influenciadas por áreas menos abrangentes que não englobariam toda a extensão das sub-bacias, principalmente quando seu percurso é pouco extenso, como a Trilha do Poço Verde. Talvez nestes casos, seja importante avaliar a possibilidade de se trabalhar em uma escala ainda mais detalhada, maior que 1:25.000. Essas constatações representam um avanço na ciência da recreação, uma vez que introduzem uma demanda percebida por Cole (2004) de se explicitar a descrição espacial dos impactos e a sua dimensão escalar.

Trilhas, ou trechos delas, localizadas em sub-bacias com altas amplitudes altimétricas e altas declividades, além de próximas de cursos d'água (menos que 30 metros) e/ou localizadas em vertentes convergentes em planta e/ou côncavas em perfil e/ou em curvas muito fechadas (com desnível altimétrico inferior a 10 metros) estão fortemente propensas ao acúmulo de água, caso estejam localizadas em vertentes com pouca incidência solar, essas propensões seriam ainda mais enfáticas. Essa averiguação está em concordância com as evidências de Kirkby e Chorley (1967) de que a saturação



está associado às concavidades da declividade em planta e as concavidades encontradas no perfil.

Por outro lado, as características iniciais de altas declividades e amplitudes altimétricas expostas associadas à sua localização em vertentes divergentes em planta e convexas em perfil tenderiam a tornar as trilhas mais susceptíveis à ocorrência de degraus em seus leitos e à erosão laminar. Isso afirma uma tendência colocada por Ruhe (1977 *apud* Casseti, 2005) de que a forma convexa proporcionaria o predomínio do fluxo laminar, com velocidade crescente em função do gradiente.

Verificou-se também uma tendência de trilhas localizadas no médio e baixo curso de sub-bacias com altas declividades e amplitudes altimétricas e em vertentes divergentes em planta e côncavas em perfil obterem trechos com erosão em sulco (principalmente se o seu tempo de existência for grande e estiverem associadas a curvas muito fechadas). No entanto, essa afirmação seria incipiente, tendo em vista que foram avaliados somente dois trechos com essa degradação; porém elas estariam em concordância com as afirmações de Bigarella (2003 *apud* Stabile e Vieira, 2009) de que “a energia do fluxo chega próxima do máximo na parte mais íngreme, geralmente na porção central do perfil, de modo que a maior parte da ação erosiva ocorre abaixo desta zona, onde os fluxos tornam-se canalizados e se formam as ravinas”. Com relação às curvas muito fechadas, aconselha-se que em áreas de altas declividades as curvas das trilhas possuam um desnível pelo menos superior a 30 metros.

As averiguações relacionadas à degradação versus meio corroboram parte daquelas realizadas pelo referencial bibliográfico da ecologia da recreação consultado, como as de Olive e Marion (2009), em que aconselham que as trilhas evitem declividades muito altas e a proximidade com os cursos d'água, a fim de atenuar o impacto da erosão. Assim como as de Cogo e Bertol (1998 *apud* Vaschenko, 2006) de que as perdas de solo são maiores nos declives convexas, intermediárias nos uniformes e menores nos côncavos. Ainda que esta pesquisa não tenha obtido uma conclusão eficaz quanto à importância do alinhamento das trilhas com as curvas de nível, como a bibliografia consultada (a exemplo de Bryan, 1977 e Olive e Marion, 2009), que afirma que trilhas que possuem um alto alinhamento com o ângulo da encosta facilitam o escoamento da drenagem e diminuem a probabilidade das incisões; sugere-se que a definição do traçado das trilhas não negligencie este aspecto, tendo em vista as ressalvas feitas pela bibliografia.





Esta pesquisa extrapola as constatações realizadas tanto com relação as relações de degradação versus meio como de planejamento do traçado de trilhas nas pesquisas da ecologia da recreação. Isso, pois, além das variáveis ressaltadas pelo referencial bibliográfico (declividade, forma da vertente, distância da drenagem e alinhamento com as curvas de nível) com influência na degradação das trilhas, constatou-se outras variáveis hidrogeomorfológicas de grande influência nos impactos mais correntes das trilhas, com destaque para as variáveis associadas às sub-bacias pelas quais as trilhas passam, como ordem, amplitude altimétrica e posição da trilha na vertente, associado ao baixo, médio ou alto curso das sub-bacias, e orientação da vertente. Ressalta-se que a variável índice de circularidade (IC) das sub-bacias não demonstrou ter influência com a degradação das trilhas, especificamente com os pontos e trechos com acúmulo de água, logo poderia ser descartada ou teria que ser melhor averiguada em pesquisas futuras com amostras quantitativamente significativas.

Além disso, essa pesquisa apontou os intervalos das variáveis com maior propensão a determinado impacto. Neste sentido, foi possível realizar uma correlação entre os processos atuantes no relevo com aqueles averiguados ao longo das trilhas, conforme especificado nos parágrafos anteriores. Porém, ressalta-se que estas se mostraram válidas nas condições da área de estudo, Serra dos Órgãos; em relevos com outras dinâmicas, principalmente mais planos, seria necessário reavaliar as variáveis hidrogeomorfológicas com mais influência nos impactos das trilhas, assim como, seus intervalos os impactos mais correntes nelas.

A rede de topossequências construída permitiu identificar sete unidades pedosedimentares, o alterito, a rocha e a distribuição espacial dessas unidades e suas inter-relações. A distribuição espacial do alterito demonstra que o mesmo foi seccionado na porção central, o que colocou o paleohorizonte em contato direto com a rocha nesta área. Este aspecto aponta para a ocorrência de processos erosivos pretéritos, provavelmente fluxo concentrado, com competência para erodir parte do alterito. O contato abrupto do alterito com o Colúvio A nas extremidades da rede de topossequências e a geometria desta unidade sugerem a presença de paleossuperfície de erosão que poderia estar associada ao mesmo evento que erodiu parte do alterito. Provavelmente, esses eventos erosivos foram sucedidos por rápida deposição de sedimentos que pedogenizados deram origem ao Paleohorizonte. A presença de camadas de areias finas, bem lavadas e bem selecionadas, possivelmente de origem aluvial, intercalando parte deste paleohorizonte, sugere pulsos de maior sedimentação



em detrimento da pedogênese. A origem destes pulsos sedimentares pode estar associada a fluxos superficiais concentrados e/ou difusos, sugerindo períodos de redução e aumento da disponibilidade de água no sistema. Na extremidade NNW da rede de topossequências (topo IV), a forma em rampa do Colúvio B, sua distribuição sobre o paleohorizonte e o contato abrupto com estas unidades sugerem novo evento erosivo deposicional. Ou seja, após a formação do Colúvio B processos erosivos decapitaram parte do paleohorizonte, as quais foram subseqüentemente, recobertas por materiais que constituem o Colúvio I. Na seqüência, novos depósitos se sucederam, originando as unidades coluviais II, III, e IV. Por fim, dá-se a formação do horizonte A. Os depósitos heterométricos que formam estas unidades estão associados a eventos relacionados a fluxos que carregaram e depositaram os sedimentos. A esses eventos intercalaram-se outros relacionados a fluxos pouco viscosos que depositaram as lentes arenosas que separam as unidades coluviais. Assim, duas fases distintas e pretéritas estão representadas nos depósitos: uma gerou o paleohorizonte e outra depositou as diferentes unidades coluviais que o recobrem. A primeira fase erodiu parte do alterito e do Colúvio A, o qual foi sucedido de eventos deposicionais que foram superados pelos processos pedogenéticos, dando origem ao paleohorizonte. Este período sugere certa estabilidade pedoambiental. A segunda fase erodiu parte do Colúvio B e do paleohorizonte os quais foram recobertos pela unidade coluvial I, e esta pelas unidades coluviais II III e IV. Nesta fase, os processos deposicionais superaram a pedogênese, sugerindo período de instabilidade ambiental. Por fim, as descrições macroscópicas de campo, destas topossequências, sugerem a instalação de nova estabilidade ambiental, responsável pela formação do horizonte Ap e, provavelmente pela reorganização das unidades coluviais, principalmente do Colúvio IV. Esta última hipótese parece ser corroborada pela presença de água livre, que, ao permear algumas unidades coluviais e paleopedológicas, promove o deslocamento e precipitação de oxiidratado de ferro que formam bandas de oxidação, identificadas nas porções mais elevadas do terreno. A presença de mosqueamentos vermelho-amarelados originados pelo preenchimento de poros e capeamento de fragmentos de rocha, também sugere alteração contemporânea dos materiais que compõem este corpo pedossedimentar. O nível paleopedológico, descrito na topossequência como paleohorizonte, cujas características como teor de matéria orgânica (em média 5%MO), coloração, presença de fragmentos orgânicos e contato abrupto com as unidades subjacente e sobrejacente sugere tratar-se de



paleossolo. Embora os resultados não sejam conclusivos e necessitem de maior resolução, estas unidades paleopedológicas, podem ser consideradas como paleossolos.

## 6 - CONCLUSÕES

Conclui-se que a metodologia calcada em níveis hierárquicos aliou significativamente bem os diferentes focos de pesquisas de trilhas averiguados no levantamento do referencial bibliográfico. A constatação da eficácia das variáveis de cada nível hierárquico levou à conclusão das melhores a serem avaliadas. As variáveis de nível 0 pertencentes ao inventário: extensão, tempo de existência, intensidade do uso e declividade do leito; à manutenção: troncos, drenagem da água e rochas; e às condições gerais: sulcos, acúmulo de água e incisões, demonstraram efetividade. Já as variáveis de nível +1 importantes de serem levantadas são distância da drenagem, alinhamento com as curvas de nível, declividade, orientação da vertente, curvatura em planta e em perfil e amplitude altimétrica e localização nas sub-bacias de primeira e zero ordem.

Aconselha-se que o planejamento do traçado de trilhas seja espacialmente definido pelo limite das sub-bacias de primeira e zero ordem e que nelas sejam verificadas as áreas mais declivosas, as curvaturas em planta convergentes e divergentes e em perfil convexas e côncavas (pois em cada classe das curvaturas tende a ocorrer um tipo de degradação), o local da sub-bacia pela qual a trilha passa (baixo, médio ou alto curso), as sub-bacias com maiores amplitudes altimétricas e as áreas com menos de 30 metros das drenagens.

Conclui-se que é impossível que o traçado das trilhas evite todas as áreas mais susceptíveis à degradação, pois elas seriam muitas, mas que a identificação das mesmas traz uma contribuição enfática ao processo de planejamento de trilhas, pois antevê a localização dos impactos mais susceptíveis de ocorrência e, portanto, os locais mais aconselháveis à implantação das técnicas de manejo, a fim de atenuar seus efeitos e buscar uma maior harmonia dos processos atuantes na trilha com os do relevo.



## 5 – REFERÊNCIAS

- ANDRADE, W. J. Implantação e Manejo de Trilhas. In: Manual de Ecoturismo de Base Comunitária: ferramentas para um planejamento responsável. Ed. da WWF – Brasil. Org. Silvia W. Mitraud. Brasília – DF. 2003.
- BIRKBY, R.C. Lightly on the Land: The SCA Trail Building and Maintenance Manual. Student Conservation Association (U.S.) The Mountaineers Books. 2005.
- BRYAN, R. B. The Influence of Soil Properties on Degradation of Mountain Hiking Trails at Grovelsjon. Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography, Vol. 59, Nº 1/2, p. 49-65. 1977.
- CASSETI, V. Geomorfologia. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em 03/03/2010. 2005
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher. 1980.
- COLE, D.N. Assessing and Monitoring Back-country Trail Conditions. USDA Forest Service, Intermountain Res. Stn., Res. Pap. INT-303, Ogden, UT. 1983.
- COLE, D.N. Changes on trails in the Selway-Bitterroot Wilderness, Montana, 1978-89. Research Paper INT-450. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, 5 p. 1991.
- COLE, D. N. Minimizing Conflict between Recreation and Nature Conservation. In: Ecology of Greenways: Design and Function of Linear Conservation Areas. D.S. Smith and P.C. Hellmund, eds., Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, MN. p. 105 - 122. 1993.
- COLE, D. N. Impacts of Hiking and Camping on Soils and Vegetation: A Review. In: Environmental impacts of ecotourism. Buckley, R. International Centre for Ecotourism Research, Griffith University, Parklands Drive, Gold Coast, Queensland, Australia. 2004.
- CORREIA, J. D. Metodologia para Mapeamento Semi-Automático de Feições Depositionais Quaternárias por Imagens Orbitais de Alta Resolução Espacial – Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. (Tese de Doutorado em Geologia, PPGGeologia/IGEO-UFRJ). 279p. 2008.
- FORMAN, R.T.T. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.
- KIRKBY, M. J.; CHORLEY, R. J. Throughflow, Overland Flow and Erosion. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology, vol. 12, n. 3, p. 5-21. 1967.



- KUSS, F.R. (1986). The effect of two hiking intensities on wildland trail wear. In R.C. Lucas (Compiler), Proc. National Wilderness Research Conference: Current Research. USDA Forest Service, Intermountain Res. Stn., Gen. Tech. Rpt. INT-212, Ogden, UT. p. 158-165.
- KROEFF, L. L. Contribuição Metodológica ao Planejamento de Trilhas Ecoturísticas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), RJ. 206p. (Dissertação de Mestrado em Geografia, PPGG – IGEO/UFRJ). 2010.
- LEUNG, Y.; MARION, J.L. The influence of sampling interval on the accuracy of trail impact assessment. In: *Landscape and Urban Planning* 43. p.167-179. 1999.
- MAGRO, T.C. Impactos do Uso Público em uma Trilha no Planalto Nacional do Itatiaia. 135p. (Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola Engenharia de São Carlos–USP). 1999.
- MARION, J.L.; LEUNG, Y.F. Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques. *Journal of Park and Recreation Administration* 19, 24-25. 2001.
- MEIS, M.R.M.; MIRANDA, L.H.G.; FERNANDES, N.F. Desnivelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: Congresso Brasileiro de Geologia (CBG), 32., 1982, Salvador (BA). Anais... Salvador: SBG, 1982. 4:1489-1509. 1982.
- OLIVE, N.D.; MARION, J.L. The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreational trails. *Journal of Environmental Management* 90, p. 1483-1493. 2009.
- O'NEILL, R.V. Hierarchy theory and global change. In: ROSSWALL, T.; WOODMANSEE, R. G.; RISSER, P. G. *Scales and Global Change*. London: John Wiley & Sons, p. 29-45. 1998.
- SILVA, T.M. A Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. 265p. (Tese Doutorado em Geografia, PPGG – IGEO/UFRJ). 2002.
- STABILE, R. A.; VIEIRA, B. C. O Papel do Ângulo da Encosta e da Forma das Vertentes na Distribuição das Feições Erosivas da Bacia Água da Faca, Piratininga (SP). In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa - MG. 2009.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin Geological Society of America*. 63: 1117-1142. 1952.
- TURNER, M.G. Landscape Ecology: What is the State of the Science? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36: 319-44. 2005



VALERIANO, M. M. Curvatura Vertical de Vertentes em Microbacias pela análise de Modelos Digitais de Elevação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande (PB): DEAg/UFCG, v. 7, n. 3, p. 539-546. 2003.

VASHCHENKO, Y. Caracterização da trilha e o impacto do montanhismo nos picos Camapuã e Tucum –Campina Grande do Sul: PR. Curitiba, PR. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 2006.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.