

COMPACTAÇÃO DO SOLO COMO INDICADOR PEDOGEOMORFOLÓGICO PARA EROSÃO EM TRILHAS DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DO CIPÓ, MG

Múcio do Amaral Figueiredo¹; Ícaro de Assis Brito²; Raquel Cristina Takeuchi³;
Manuela de Almeida-Andrade²; Cinthia Tamara Vieira Rocha⁴

RESUMO

A compactação do solo é um principais impactos relacionados à abertura e utilização de trilhas. A diminuição do tamanho dos poros do solo pode desencadear outros impactos, tal como a erosão, tendo o leito da trilha e suas imediações como cenário. O presente trabalho procura mostrar a diferença entre os índices de compactação verificados dentro e fora de uma trilha situada no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. A trilha investigada é a mais utilizada para a prática de atividades ecoturísticas e recreacionais. Utilizou-se um penetrômetro de cone com anel dinamométrico para a determinação dos índices de compactação entre 0 e 15 cm de profundidade, em pontos equidistantes em 200 m, ao longo da trilha conhecida por Trilha da Farofa. Os resultados encontrados apontam para uma significativa diferença de índices penetrométricos dentro e fora do leito da trilha investigada. Tais índices sugerem que a Trilha da Farofa, assim como outras trilhas próximas, detêm as condições necessárias para o estabelecimento de diversos impactos relacionados à compactação da superfície do solo. O tipo e a intensidade de uso de cada grupo usuário das trilhas, associado às características de solo e vegetação, entre outros caracteres fisiográficos, são fatores determinantes nos índices de compactação da trilha investigada e estão em processo de investigação.

Palavras-chave: Compactação do solo; Trilhas; Unidades de Conservação

ABSTRACT

Soil compaction is a key impacts related to opening and running trails. The decrease in the size of the pores of the soil can trigger other impacts such as erosion, and the bed of the trail and its surroundings as a backdrop. This paper attempts to show the difference between the rates of compaction checked in and out of a trail located in the Serra do Cipó National Park, Minas Gerais, Brazil. The trail is the most investigated used for the practice of ecotourism and recreational activities. We used a cone penetrometer with ring dynamometer for determining rates of soil compaction between 0 and 15 cm deep, at points equally spaced at 200 m along the trail known as the Farofa Trail. The results indicate a significant difference in rates penetrometer in and out of the trail bed investigated. These indexes suggest that the Farofa Trail as well as other trails nearby, have the necessary conditions for the establishment of various impacts related to compaction of the soil surface. The type and intensity of use of each user group of trails, associated with features of soil and vegetation, physiographic and

¹ Professor da Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus JK, mucio.figueiredo@gmail.com

² Bolsista IC do Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde do Centro Universitário de Belo Horizonte (Uni-BH)

³ Bel em Ecologia do Uni-BH

⁴ Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde do Uni-BH

other characters, are determining factors in the rates of compaction of the trail and are investigated in the research process.

Key words: Soil compaction, Trails, Conservation Units

INTRODUÇÃO

A humanidade tem entronizado cada vez mais no seu dia-a-dia, a conscientização e atitudes ecológicas. Como grande parte da população mundial vive atualmente em espaços urbanos, a carência por áreas verdes, aliada à conscientização cada vez maior dos valores ecológicos, tem levado um crescente contingente de pessoas a buscar um contato mais estreito com a natureza. Seja para lazer, prática de esportes ou simples contemplação, a visitação pública em áreas protegidas vem aumentando continuamente. Isso é um fator positivo. No entanto, o aumento do contingente de pessoas nas áreas silvestres deveria ser acompanhado de planejamento de gerenciamento, principalmente quando se trata de áreas protegidas, também conhecidas tecnicamente por unidades de conservação.

O trânsito de pessoas nessas áreas se dá, em sua maioria, através de trilhas existentes para esse fim. No entanto, assim como as trilhas servem como elo entre as pessoas e a natureza, servem também como vetores de propagação de diversos desequilíbrios ambientais, tais como introdução e propagação de espécies vegetais exóticas, pisoteio na vegetação, exposição, compactação e erosão do solo (LIDDLE, 1975). A compactação tem desdobramentos, pois afeta o desenvolvimento de raízes vegetais, interfere nas taxas de infiltração hídrica, além de favorecer processos erosivos (HAMMITT & COLE, 1998). Quando tais fenômenos se intensificam, passam a ser um sério problema gerencial para os administradores das unidades de Conservação (UC's).

Diversas atividades são realizadas pelos visitantes das UC's e, geralmente estão relacionadas à prática de esportes, ao turismo ecológico e à prática de recreação. Essas atividades buscam o contato com a natureza, cujos destinos geralmente são atrativos naturais (cachoeiras, rios, mirantes, etc.), alcançados através do percurso de trilhas. Assim, tais percursos (as trilhas) têm sido cada vez mais utilizados, pois nas últimas décadas tem havido um crescente contingente de pessoas buscando a prática e o contato com o meio natural (COLE, 1993; COLE & LANDRES, 1995; HAMMITT & COLE, 1998).

Há dois fatores principais de alteração do solo decorrentes da utilização de trilhas: compactação e erosão (COLE & LANDRES, 1995; HAMMITT & COLE, 1998). A compactação do solo é definida como diminuição do volume do solo ocasionado por compressão, causando um rearranjo mais denso das partículas do solo e consequente redução da porosidade (CURI, 1993). O horizonte orgânico aumenta a capacidade de absorção de água

do solo, diminui o escoamento superficial e protege os horizontes minerais abaixo dele, os quais são mais vulneráveis à compactação e ao efeito erosivo da chuva. Um horizonte orgânico é geralmente menos vulnerável que um horizonte mineral, porém se a matéria orgânica for pulverizada ou removida pelo pisoteio, ele também será erodido e o horizonte mineral ficará exposto (COLE, 1993).

A espessura da camada orgânica reduz os efeitos das forças compactadoras e fornece material orgânico para incorporação no solo mineral, portanto reduzindo seu potencial de compactação. Devido ao uso intenso, a taxa de perda do horizonte orgânico pode exceder a deposição anual, havendo exposição de solo, porém estes impactos podem ser minimizados através de um planejamento do uso recreativo nas trilhas (VASHCHENKO, 2006).

As propriedades do solo local, principalmente, definem a sua vulnerabilidade à recreação, sendo que na maioria dos casos, o nível de vulnerabilidade é baixo quando a textura, a matéria orgânica, a umidade e a fertilidade são médias (COLE, 1993; HAMMITT & COLE, 1998).

A perda da porosidade total está associada à redução do teor de matéria orgânica e ao efeito do impacto das gotas da chuva, diminuindo consequentemente a permeabilidade. Um solo pouco permeável ou com baixa capacidade de infiltração de água e sem vegetação propicia o aumento do escoamento superficial da água das chuvas, o que causa a erosão. A ocorrência de impactos em áreas naturais é consequência do uso, seja ele realizado com objetivos educacionais ou recreativos. Todos os visitantes, inclusive os mais conscientes, deixam pegadas (VASHCHENKO, 2006).

No contexto recreacional, os impactos podem ser bons ou ruins, importantes ou insignificantes, somente quando o homem fizer julgamentos de valor sobre eles. Esses julgamentos são determinados, principalmente, pelo tipo de gerenciamento que uma área de uso recreacional pode oferecer de acordo com os objetivos dos grupos de usuários e os objetivos dos administradores do parque (HAMMITT & COLE, 1998).

As observações e medições dos efeitos do pisoteio, junto com a simulação experimental do tipo de impacto, realizado através das pesquisas científicas, confirmaram que as áreas sujeitas ao uso recreacional eventualmente mostram sinais de deterioração dos seus recursos (HAMMITT & COLE, 1998). Estes efeitos, segundo os autores incluíam: a redução da biomassa das plantas e a cobertura do solo; uma diminuição na densidade de ervas, arbustos e plântulas; a substituição de espécies menos tolerantes por aquelas mais tolerantes ao impacto do pisoteio; e mudanças associadas ao solo que são frequentemente menos óbvias,

mas não menos importantes, uma vez que ao longo do tempo eles podem conduzir a um declínio no vigor das plantas e a uma redução na biomassa da fauna do solo. Estas mudanças estariam relacionadas à compactação do solo, redução no conteúdo da matéria orgânica, diminuição na taxa de infiltração de água e aumento no escoamento superficial (MAGRO, 1999).

Este trabalho pretende demonstrar se há variações nos índices de compactação (penetrometria) dentro e fora do leito da trilha investigada, discutindo o papel das formas de uso da trilha (incluindo atividades ecoturísticas e recreacionais) como agentes de eventuais modificações na estrutura física superficial do solo e seus prováveis efeitos no ambiente adjacente.

MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Nacional (PARNA) da Serra do Cipó localiza-se na porção central do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 19° 12' a 19° 34' S e 43° 27' a 43° 38' W, na parte sul da cadeia montanhosa do Espinhaço (Fig. 1). Sua área total, segundo o IBAMA é de 31.733,56 hectares com perímetro com cerca de 150 km (ALMEIDA, 2005).

O trabalho foi realizado na trilha que leva ao atrativo natural Cachoeira da Farofa, denominada por Almeida (2005) de Trilha Farofa, e está localizada nas coordenadas 19° 22' 26'' a 19° 20' 56'' S e 43° 34' 41' a 43° 37' 07'' W, respectivamente (Fig. 1).

A serra do Espinhaço caracteriza-se como um divisor de águas situado entre as bacias do rio São Francisco e do rio Doce. A primeira encontra-se na porção oeste das serras onde são caracterizadas pela linearidade das escarpas e a presença de quartzitos, a drenagem desta região está relacionada à bacia do rio São Francisco. Na porção leste a Serra perde a característica da linearidade de escarpas contínuas para descontínuas (ALMEIDA, 2005). O PARNA da Serra do Cipó e os distritos mais próximos carecem dos instrumentos necessários para o monitoramento de dados básicos de climatologia e meteorologia. Os dados disponíveis são obtidos nas estações climatológicas de Conceição do Mato Dentro e de Lagoa Santa, do qual são distantes da UC, aproximadamente 30 km e 40 km, respectivamente. Deve-se considerar que diversos aspectos climáticos variam em consequência do relevo bastante escarpado ao longo de um gradiente altimétrico de 800 a 1670 metros. Em consequência disso, os efeitos orográficos são predominantes na área em estudo, ocasionando maiores ocorrências de chuvas nas vertentes da serra (ALMEIDA, 2005).

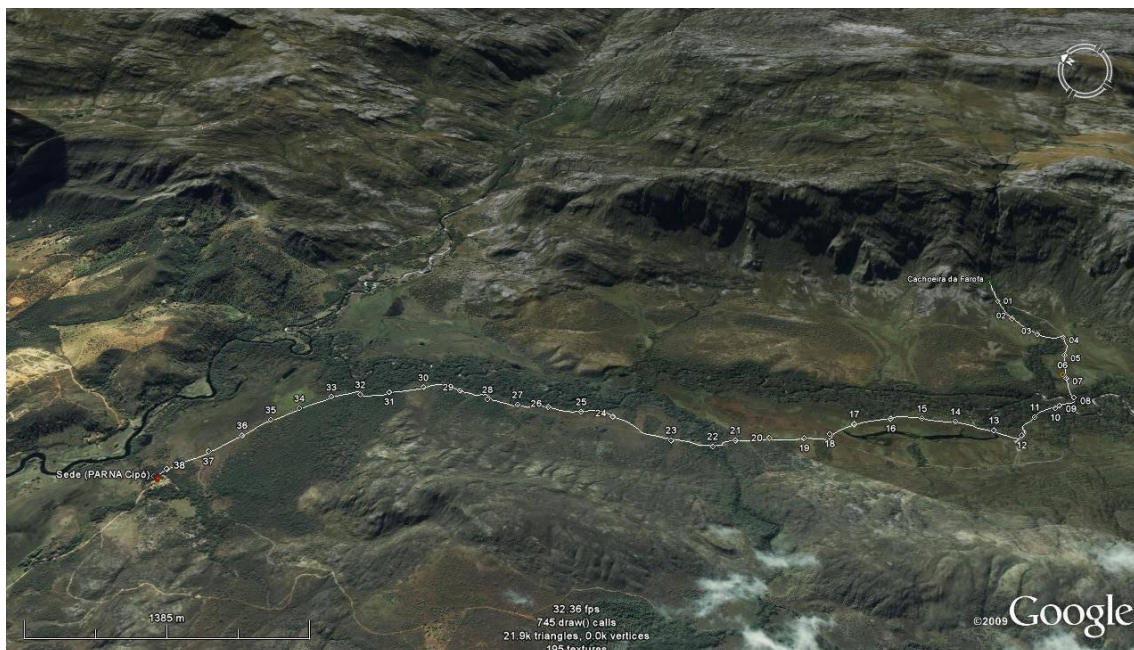


Figura 1 – Imagem orbital da área investigada, obtida do Google EarthTM, contendo os 39 pontos avaliados.

O clima da Serra do Cipó é do tipo tropical de altitude com verões frescos do tipo Cwb (classificação de Köppen) e estação seca bem pronunciada. Enquadra-se no tipo sub-tropical moderado úmido, que, devido à estação seca bem marcada, apresenta um déficit hídrico anual que pode chegar a 60 mm. As temperaturas médias anuais oscilam entre 17 e 18,5 °C e as precipitações pluviométricas médias entre 1.450 e 1.800 mm, provocando uma evapotranspiração potencial anual de 700 a 850 mm. Dados meteorológicos obtidos na estação de Conceição do Mato Dentro indicam uma temperatura média anual de 20,8°C e precipitação média anual de 1.622 mm (ALMEIDA, 2005).

A vegetação ocorrente no Parna da Serra do Cipó é bastante diversificada e transita por diversas biocenoses, principalmente do cerrado. Dos tipos de vegetação encontrada no parque destacam-se os campos rupestres, que recobrem as regiões de maior altitude (1000 a 1600 m), principais responsáveis pela excepcional riqueza de espécies (mais de 1800 espécies já descritas na região) e pelo elevado grau de endemismo (IBAMA, 2004).

A penetrometria do solo foi realizada dentro e fora da trilha Farofa, conforme designação dada por Almeida (2005). Ao longo das trilhas foram selecionados pontos amostrais a cada 200 m, totalizando 35 pontos. Os pontos situados fora das trilhas foram demarcados a 1 m a partir da sua borda, nos pontos de monitoramento, de cada lado da trilha. Em cada ponto realizou-se medições no leito da trilha (área impactada) e nas margens esquerda e direita (zonas de controle), sendo feitas três repetições de penetrometria para cada

área. As medidas encontradas foram resumidas a apenas um resultado através de média aritmética, para cada um desses locais (Fig. 1).

A medida de resistência à penetração foi efetuada com a ajuda de um penetrômetro de cone com anel dinamométrico da marca Solotest (Fig. 2), com um cone de ângulo de 90° em relação à superfície do terreno, cuja atuação mede a resistência máxima à penetração do cone na superfície do solo. O equipamento utilizado suporta uma pressão máxima de 1,55 MPa.



Figura 2 – Utilização do penetrômetro de cone com anel dinamométrico. R. C. Takeuchi (2009)

Para efetuar as medições, posiciona-se o penetrômetro verticalmente, aplicando pressão manual o mais constante possível, até introduzir totalmente o cone no solo (Fig. 2). As medidas foram lidas em Kgf (quilograma-força), realizando a leitura no dinamômetro analógico instalado no anel dinamométrico do penetrômetro, e convertendo-as para a carga aplicada. Essa carga é obtida lendo no gráfico que acompanha o equipamento (curva de calibração do anel), ou interpolando, a partir da tabela de calibração, a carga máxima de penetração registrada no dinamômetro.

A resistência de penetração (q_c em Kgf/cm²) foi obtida dividindo-se a carga de penetração (em Kgf) pela área da base do cone (em cm²). Como o diâmetro da base do cone é 28,4 mm, a área da base do cone é 6,33 cm².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal impacto nos solos em áreas naturais alvo de recreação resulta do pisoteio. Pisoteio (de visitantes e animais) e uso de veículos (bicicletas, motocicletas, automóveis, etc.) causam compactação do solo. Isso aumenta a densidade e resistência à penetração do cone do

penetrômetro no solo, provoca mudanças na estrutura do solo e na sua estabilidade, promove perdas na serrapilheira e no conteúdo de húmus, redução nas taxas de infiltração, aumento do escoamento hídrico superficial, e aumento da erosão (COLE & SCHREINER, 1981; MARION & COLE, 1996; HAMMITT & COLE, 1998; SOUZA et al, 2008). Além disso, com mudanças nas propriedades físicas, o pisoteio e seu resultado direto, a compactação, podem levar a mudanças na biologia e na química do solo. Os macro e microhabitats do solo e da serrapilheira alterados resultam em importantes mudanças na composição das espécies da microflora e da fauna do solo (DUFFEY, 1975).

Comparados aos valores encontrados por Takahashi (1998) onde a resistência média do solo à penetração na superfície da trilha foi de 0,9 MPa, e fora dela de 0,4 MPa, os números encontrados neste estudo mostram-se mais elevados, sendo os valores de resistência média do solo à penetração no leito da trilha de 3,7 MPa e nas áreas adjacentes de 1,0 MPa e 0,9 MPa nas margens esquerda e direita respectivamente (Fig. 3).

Magro (1999) obteve em seu trabalho, utilizando um penetrômetro de bolso, uma resistência média de 4,5 MPa no leito da trilha e de 3,0 nas margens afirmando em seu trabalho que ...

“... A compactação do solo no leito da trilha não mostrou relação com nenhum dos parâmetros avaliados. No entanto, os dados de resistência à penetração obtidos na parte externa da trilha mostraram correlação com a largura do solo exposto, com o número de fatores depreciativos e com o índice de erodibilidade do transecto analisado” (MAGRO, 1999, p.68).

No entanto, há de ser considerada a diferença existente entre os resultados obtidos com penetrômetros de bolso e os obtidos com os de cone com anel dinamométrico. Em um dos raros trabalhos encontrados na literatura comparando a utilização dos dois tipos de penetrômetros para averiguar impactos da compactação de solos em trilhas, Meyer (2004) demonstra haver diferenciação nos dados obtidos. Entretanto, a referida autora chama a atenção para o fato de que a utilização de um ou de outro modelo de penetrômetro não induz a erros, mas que a escolha deve ser única, ou seja, sem alternância de equipamento num mesmo trabalho (MEYER, 2004).

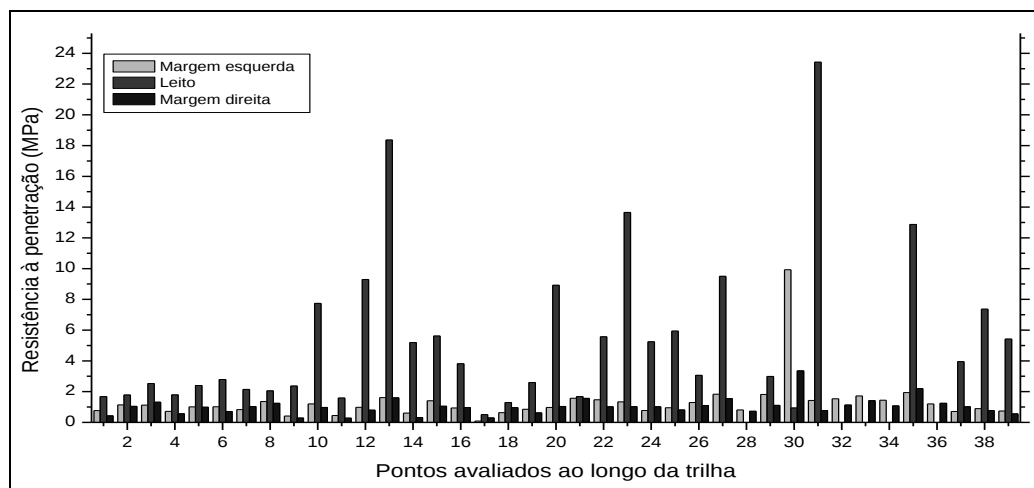


Figura 3 – Variações nos índices de resistência à penetração de cone (penetrometria) ao longo da Trilha da Farofa.

De acordo com Andrade (2003), os efeitos que uma trilha causa no ambiente ocorrem principalmente na superfície da trilha propriamente dita, mas, a área afetada corresponde normalmente a um metro a partir de cada lado. Os resultados encontrados, com base nos trinta e nove pontos avaliados indicam que o leito da trilha é mais danificado do que nas laterais da mesma (Fig. 3). Estudos realizados em outras regiões do globo (LIDDLE, 1975; MARION & COLE, 1996; HAMMITT & COLE, 1998; SUTHERLAND et al, 2001; MEYER, 2004; MARION & OLIVE, 2006) apontam na mesma direção, sugerindo que, independente do tipo de solo, o trânsito de andarilhos/pedestres, ciclistas, cavalos de montaria, automóveis e demais veículos *off-road*, contribui efetivamente para o aumento dos índices de compactação no leito de trilhas, precipitando o aparecimento de outros distúrbios ambientais, tais como a erosão. A presença da erosão no leito da trilha força os transeuntes a procurarem outros locais adjacentes, configurando a abertura de novo trecho de trilha, ampliando, assim, os efeitos deletérios da compactação do solo relacionados ao trânsito de pessoas, animais e veículos em trilhas de áreas protegidas.

Do ponto 01 ao ponto 09 (Fig. 1) não há trânsito de automóveis (apenas do ICMBio e outros automóveis autorizados), onde os resultados de penetrometria apresentam os menores índices de compactação no leito da trilha, não ultrapassando 3 MPa (Fig. 3). A partir do ponto 10 (Fig. 1), há um progressivo aumento nos índices, com grandes variações, mas alcançando em alguns pontos mais de 23 MPa (Fig. 3). Nos pontos 32, 33 34 e 36, não houve registro penetrométrico (Fig. 3), pois, devido ao alto grau de compactação verificado no leito da trilha naqueles locais, o cone do penetrômetro penetrou menos de 1/3 da sua extensão na superfície do solo, inviabilizando o cálculo penetrométrico, conforme preconiza o manual do

equipamento quando acontece tal situação. Sendo assim, isso indica que os índices de compactação nesses pontos de medição devem ultrapassar a barreira dos 24 MPa, limite verificado neste trabalho.

Algumas implicações relacionadas à abertura de trilhas e compactação do solo podem ser verificadas ao longo da Trilha Farofa, referentes à ocorrência de feições erosivas lineares aceleradas (voçorocamentos), resultando em grave degradação em segmentos específicos da mesma (ALMEIDA, 2005; GUALTIERI-PINTO, 2008; GUALTIERI-PINTO et al, 2008; DUARTE, 2009). Isso coloca em risco a integridade física do visitante (Fig. 4), obrigando os gestores da unidade de conservação a criarem outro traçado para o segmento afetado, desviando-o do problema erosivo.



Figura 4 -
Voçorocamento
localizado num antigo
traçado da Trilha
Farofa. Observar o
avanço do processo
erosivo sobre leito da
trilha à direita da foto
(DUARTE, 2009). M.

O relacionamento entre a questão traçado e declividade da trilha, estabelecido por diversos autores como um dos fatores primordiais à sua segurança e sustentabilidade ao longo do tempo (HAMMITT & COLE, 1998; LECHNER, 2006; MARION & OLIVE, 2006), não é muito evidenciado na trilha investigada neste trabalho, devido à baixa declividade e à pequena variação altimétrica, verificadas por Almeida (2005), ao longo do traçado da trilha investigada. Assim, os pontos onde há focos de erosão, tal fenômeno parece estar relacionado a fatores pedológicos, atualmente sob investigação, mas ainda sem resultados conclusivos.

5. CONCLUSÃO

É possível perceber os elevados índices de compactação do solo através dos números apresentados, principalmente no leito da trilha, quando comparados com as áreas laterais, paralelas ao leito. Isso pode estar relacionado com as formas de uso da trilha, com trânsito predominante de cavalos de montaria, ciclistas e pedestres/andarilhos, além do trânsito de

veículos automotores utilizados na manutenção e fiscalização da unidade de conservação, bem como de outros veículos autorizados pela administração do parque. Nenhum segmento das trilhas analisadas é destinado exclusivamente aos pedestres/andarilhos. É necessário que outros levantamentos assim como o acompanhamento regular destes índices sejam realizados, a fim de entender melhor os processos causados pela compactação do solo, bem como seus desdobramentos ambientais. Sabe-se que a compactação do solo tem diversas implicações que, sugere-se, merecem ser correlacionadas em estudos mais amplos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapemig pelo suporte financeiro, o Uni-BH pelo suporte financeiro e logístico, e a administração do Parna Serra do Cipó/ICM-Bio, pelo suporte logístico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. A. Diagnóstico ambiental em trilhas ecoturísticas: estudo de caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. 2005. 45f. Monografia (Graduação) - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde, Centro Universitário de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2005.

ANDRADE, W. J. Implantação e manejo de trilhas. In: MITRAUD, S. (Ed.) Manual de ecoturismo de base comunitária: ferramentas para um planejamento responsável. Brasília: WWF. p.247-259. 2003.

COLE, D. N. Minimizing conflict between recreation and nature. In: SMITH D.S.; HELLMUND, P.C. (Eds). Ecology of greenways: design and function of linear conservation areas. Minneapolis: University of Minnesota Press. p.105-122. 1993.

COLE, D. N. & SCHREINER, G. S. Impacts of backcountry recreation: site management and rehabilitation – an annotated bibliography. General Technical Report INT-121. U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, 58p. 1981.

COLE, D. N. & LANDRES, P. B. Indirect effects of recreation on wildlife. In: KNIGHT, R. L.; GUTZWILLER, K. J. (Eds). Wildlife and recreationists: coexistence through management and research. Washington: Island Press. p.183-202. 1995.

CURI, N. Vocabulário de Ciência do Solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do solo. 1993. 89p.

DUARTE, I. P. Diagnóstico da atividade erosiva em trilhas ecoturísticas do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. 17f. Monografia (Graduação) - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde, Centro Universitário de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2009.

DUFFEY, E. The effects of human trampling on the fauna of grassland litter. *Biological Conservation*. 7(4): 255-274. 1975.

GUALTIERI-PINTO, L. Ecoturismo em unidades de conservação: perdas de solo relacionadas à utilização ecoturística da trilha da Cachoeira do Sobrado, Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. 17f. Monografia (Graduação) - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde, Centro Universitário de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2008.

GUALTIERI-PINTO, L.; OLIVEIRA, F. F.; ALMEIDA-ANDRADE, M.; PEDROSA, H. F.; SANTANA, W. A.; FIGUEIREDO, M. do A. Atividade Erosiva em Trilhas de Unidades de Conservação: Estudo de Caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. *E-scientia*, v.1, n.1, p. 25-40. 2008.

HAMMITT, W. E. & COLE, D. N. *Wildland recreation: ecology and management*. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 361 p.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Unidade: Parque Nacional da Serra do Cipó. 2004. Disponível: <http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=3> . Acesso em 09 nov 2009.

LECHNER, L. Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação. *Cadernos de Conservação*. 3: 1-123. 2006.

LIDDLE, M. J. A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. *Biological Conservation*. 7(1): 17-39. 1975.

MAGRO, T. C. Impactos do uso público em uma trilha no planalto do Parque Nacional do Itatiaia. 1999. 151f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

MARION, J. L. & COLE, D.N. Spatial and temporal variation in soil and vegetation impacts on campsites. *Ecological Applications*. 6(2): 520-530. 1996.

MARION, J. L. & OLIVE, N. Assessing and understanding trail degradation: results from Big South Fork National River and recreational area. Final Research Report. U. S. Dept. of the Interior, U. S. Geological Survey, National Park Service, Patuxent Wildlife Research Center, Virginia Tech Field Unit, Blacksburg, 80p. 2006.

MEYER, K. J. An evaluation of methods for estimating ground cover and soil compaction as visitor impact indicators. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Graduate Faculty, North Carolina State University. Raleigh, 2004.

SOUZA, A. O.; FIGUEIREDO, M. do A.; OLIVEIRA, F. F.; ANDRADE, M. A. Pisoteio experimental na vegetação de borda de uma trilha do Parque Nacional da Serra do Cipó - Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS PROTEGIDAS, 4., 2008, Canela, *Anais...* Canela: ONG Mamíferos/LMCA-UERGS/UCS, 2008. p.309-321. 1 CD.

SUTHERLAND, R. A., BUSSEN, J. O., PLONDKE, D. L., EVANS, B. M., & ZIEGLER, A. D. Hydrophysical degradation associated with hiking-trail use: a case study of Hawai'iiloa Ridge Trail, O'ahu, Hawai'i. *Land Degradation & Development*. 12: 71-86. 2001.

TAKAHASHI, L. Caracterização dos visitantes, suas preferências e percepções e avaliação dos impactos da visitação pública em duas unidades de conservação do estado do Paraná. 1998. 129f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998.

VASHCHENKO, Y. Caracterização da trilha e o impacto do montanhismo nos Picos Camapuã e Tucum – Campina Grande do Sul – PR. 2006. 106f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.