

INDICADORES DE IMPACTO PARA MONITORAR O USO PÚBLICO NO PARQUE ESTADUAL PICO DO MARUMBI – PARANÁ¹

Leide Yassuco Takahashi², Miguel Serediuk Milano³ e Cássio Antonio Tormena⁴

RESUMO – Os objetivos deste trabalho foram indentificar e avaliar alguns indicadores e impactos causados pelos visitantes ao Parque Estadual Pico do Marumbi – Paraná, selecionando-se os mais representativos para monitoramento. Os dados foram coletados entre dezembro de 1996 e março de 1997 e os resultados, comparados com áreas sem uso recreativo. Efetuaram-se análise de matriz de correlação, análise fatorial e análise discriminante. Os melhores indicadores para o Parque Marumbi foram: macroporosidade, microporosidade, resistência do solo à penetração de 0-0,05 m e 0,05-0,10 m e densidade do solo.

Palavras-chave: Unidades de conservação, recreação e indicadores de impacto.

IMPACT INDICATORS FOR MONITORING RECREATIONAL USE IN THE PICO DO MARUMBI STATE PARK – PARANÁ (BRAZIL)

ABSTRACT – *The aim of the present study was to analyze some indicators of impact caused by visitors to Pico Marumbi State Park – State of Parana, Brazil, selecting the most significant ones to be monitored. Data were collected from December 1996 to March 1997 and compared with those obtained in adjacent areas, but without recreational use. The results were analyzed using correlation matrix, factorial and discriminant analysis. The most significant indicators for Pico do Marumbi were micro and macroporosity, penetration resistance at 0-5 cm and 5-10 cm and bulk density.*

Key words: Protected areas, recreation and impact indicators.

1. INTRODUÇÃO

Com as mudanças econômicas no pós-guerra e o desenvolvimento tecnológico em vários setores, observou-se maior tempo de lazer, resultando num aumento significativo da visitação em áreas naturais. Com isso, a recreação em unidades de conservação vem sendo apresentada como uma alternativa potencial para o desenvolvimento econômico da região onde elas estão inseridas. Entretanto, a escassez de informações, de recursos humanos e financeiros para

o planejamento e manejo dessas unidades dificulta a previsão dos impactos da visitação pública aos meios físico e biótico.

A preocupação com os impactos provocados pela recreação em áreas naturais teve início na década de 1930, com avaliações dos efeitos do turismo sobre a vegetação e o solo. De acordo com Lutz (1945) e Cole (1988), o pisoteio dos visitantes compacta o solo e reduz a regeneração natural das espécies vegetais. No final da década de 1950, iniciou-se a utilização do

¹ Recebido em 20.01.2004 e aceito para publicação em 25.11.2004.

² Professora da Universidade Estadual de Maringá – UEM. E-mail: <ladi@uem.br>.

³ Professor da Universidade Federal do Paraná – UFPR. E-mail: <mmilano@boticario.org.br>.

⁴ Professor da Universidade Estadual de Maringá – UEM. E-mail: <catormena@uem.br>.

conceito de capacidade de carga visando avaliar a demanda e os impactos do uso recreativo (Mc COOL, 1996). Esse modelo foi amplamente utilizado até a década de 1960, quando várias pesquisas comprovaram que não havia uma relação direta entre o número de visitantes e a quantidade de impactos negativos (HAMMITT e COLE, 1998; FENNELL, 2002). Segundo pesquisadores como Mc Cool (1996), Leung e Marion (2000), Magro (1999), Hendee e Dawson (2002) e Drumm e Moore (2002), o paradigma da capacidade de carga fracassou porque ele se preocupava demasiadamente com o número máximo de pessoas, enquanto vários estudos apontavam que muitos problemas do uso recreativo ocorriam em função do comportamento das pessoas (PRISKIN, 2003) e não exatamente do número delas.

Conhecendo as limitações desse modelo de capacidade de carga, técnicos do Serviço Florestal Americano desenvolveram um sistema denominado *Limits of Acceptable Changes - LAC* (STANKEY et al., 1985). Esse sistema de planejamento pode ser resumido em quatro componentes principais: 1) a definição de indicadores de impactos ecológicos e recreativos; 2) o estabelecimento dos limites máximos aceitáveis de impacto; 3) a identificação de ações de manejo necessárias para alcançar essas condições; e 4) um programa de monitoramento e avaliação da efetividade das ações de manejo.

Segundo Merigliano (1987), o termo indicador refere-se a uma variável específica que, individualmente ou em combinação, é tomada como referência. Além disso, os indicadores podem sinalizar a necessidade de ações corretivas de manejo, avaliar a eficiência e ajudar a determinar se os objetivos da unidade estão sendo atingidos ou não. O termo limite define quanto é aceitável de impacto (STANKEY et al., 1985).

No Brasil, a limitação de recursos, de equipamentos e, principalmente, pessoal é uma constante. Além disso, a maioria dos administradores das unidades de conservação não tem acesso à literatura estrangeira, disponível apenas em algumas bibliotecas especializadas (TAKAHASHI, 1998). Tendo em vista tais aspectos e considerando que o desenvolvimento desordenado da recreação em unidades de conservação brasileiras pode comprometer os objetivos para os quais elas foram estabelecidas (MILANO, 2000), é fundamental realizar uma investigação sistemática sobre os impactos do uso recreativo para descobrir novos fatos ou princípios.

Nesse contexto, os objetivos deste estudo foram avaliar os principais indicadores ecológicos de impacto da área de acampamento do Parque Estadual Pico do Marumbi, selecionando-se os indicadores que melhor representavam os efeitos dos impactos nessa área.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido nas áreas de acampamento selvagem (pequenas clareiras dentro da zona de uso extensivo) do Parque Estadual Pico do Marumbi, situado no domínio da Mata Atlântica, mais especificamente na Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 1992). O parque possui uma área de 2.342 ha, localiza-se no município de Morretes, a 65 km de Curitiba, e, desde sua abertura ao público, em junho de 1995, até dezembro de 1997, recebeu cerca de 20.400 visitantes. Por ser uma área tradicionalmente utilizada para caminhadas e escaladas, o maior fluxo de visitantes ocorre nos meses mais secos (entre maio e agosto). A infra-estrutura básica do parque compreende o centro de visitantes, centro administrativo, museu, posto da polícia florestal, laboratório, alojamento para pesquisadores e estagiários e sede para equipe de resgate.

As sete clareiras destinadas a acampamentos localizam-se em áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana ou de transição entre Submontana e Montana, cujo solo resulta da Associação de Cambissolo Podzólico Tb textura média/argilosa relevo forte ondulado/montanhoso substrato granito + solos Litólicos álicos Tb textura siltosa/média relevo montanhoso, ambos A húmico fase floresta ombrófila densa submontana e montana. São pequenos locais com uma área média de 33 m², desmatados para fins de acampamento.

Com base na metodologia proposta por Settergren e Cole (1970) e Cole (1989), estabeleceram-se três áreas-testemunha para posterior comparação entre os resultados obtidos nas áreas de uso público e as áreas fechadas à visitação.

Fundamentados em estudos desenvolvidos por Cole (1982, 1983, 1987 e 1989), Marion e Merriam (1985) e Stohlgren e Parsons (1986), foram selecionados os seguintes indicadores:

a) Regeneração natural no entorno da clareira – Adaptando a proposta de Cole (1982) e Cole e Hall (1992) para quantificar a regeneração arbórea, estabeleceram-se oito áreas amostrais, aleatoriamente

sorteadas. Cada área amostral totalizava 1 m², e foram registradas todas as plântulas com altura superior a 15 cm e DAP máximo de 5 cm.

b) Resistência do solo à penetração – Como relataram Cole (1989) e Cole e Hall (1992), a resistência à penetração é uma medida sensível e de fácil obtenção. Neste estudo, ela foi determinada utilizando-se um penetrômetro estático modelo Solotest (haste metálica e cone com área basal de 1 cm² e semi-ângulo de 30°), conforme metodologia descrita por Tormena e Roloff (1996). Em cada clareira foram amostrados oito pontos sorteados aleatoriamente. Em cada ponto foram realizadas medidas nas profundidades de 0-5 cm e de 5-10 cm, três dias após uma chuva suficiente para umedecer o perfil amostrado.

c) Densidade do solo – Realizado conforme as sugestões de Lutz (1945), Cole (1982) e Cole (1989). Foram obtidas amostras com estrutura não-deformada, coletadas utilizando-se um amostrador com anéis volumétricos de 50 cm³, próximos ao ponto onde foram realizadas as leituras de resistência à penetração. A densidade do solo foi determinada conforme Blake e Hartge (1986).

d) Microporosidade – Determinada como o volume de água retida nas amostras após sua drenagem no potencial de -0,006 MPa, obtida nas amostras com estrutura não-deformada utilizadas para a determinação da densidade do solo.

e) Macroporosidade – Obtida por meio do volume de água drenada com a aplicação do potencial de -0,006 MPa, após saturação das amostras com estrutura não-deformada utilizadas para a determinação da densidade do solo.

f) Conteúdo de carbono orgânico do solo – Obtido em amostras deformadas coletadas em cada uma das clareiras, próximas aos pontos de coleta das outras variáveis. O teor de carbono orgânico do solo foi determinado utilizando-se a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

g) Máxima capacidade de retenção de água ou umidade na capacidade de campo – Obtida nas amostras indeformadas como o volume de água retida após a aplicação do potencial equivalente a -0,01 MPa, conforme Reichardt (1988). A determinação da capacidade de campo foi efetuada em mesa de tensão (EMBRAPA, 1997).

h) Granulometria do solo – A distribuição do tamanho

de partículas sólidas do solo foi determinada em amostras deformadas coletadas em cada uma das clareiras, próximo aos pontos de coleta das outras variáveis. Utilizou-se o método da pipeta descrito pela Embrapa (1997).

As amostras das diferentes variáveis avaliadas foram obtidas entre dezembro/96 e março/97 e as análises, conduzidas no Laboratório de Física e Química de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, PR.

Para a análise estatística das variáveis indicadoras, obteve-se inicialmente a matriz de correlação para avaliar o grau de associação entre elas. Em seguida, efetuou-se a análise fatorial pelo método das componentes principais, utilizando-se a rotação varimax normalizada, a fim de reduzir o conjunto de variáveis, agrupando em fatores as variáveis correlacionadas, o que permitiu identificar a estrutura dos indicadores de impacto selecionados. Após essa avaliação, realizou-se uma análise discriminante (*stepwise analysis*) para selecionar os indicadores que diferenciavam melhor as áreas-testemunha das áreas de uso recreativo. Por fim, efetuou-se a padronização das variáveis em torno da média e do desvio-padrão, para corrigir as diferenças de escala das variáveis.

Os resultados das análises foram obtidos através do software Statistica, utilizando-se os módulos *Discriminant analysis* e *Factorial analysis*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de amostras de solo e regeneração natural são apresentados no Anexo 1.

De acordo com a matriz de correlação apresentada na Tabela 1, observa-se que as correlações mais altas são encontradas na resistência à penetração nas camadas de 0-0,05 m e 0,05-0,10 m de profundidade ($r=0,85$) e também entre os indicadores capacidade de retenção de água e microporosidade ($r=0,96$).

A regeneração natural indica correlações mais elevadas com o conteúdo de carbono e densidade do solo. Os resultados apontaram que a regeneração natural de plantas é positivamente correlacionada com as variáveis conteúdo de carbono orgânico, microporosidade, microporosidade e capacidade de campo e negativamente com a densidade do solo. Isso indica que a regeneração, ou seja, o número de plantas por m² é dependente da qualidade estrutural do solo, refletida pela porosidade do solo, a qual é dependente dos níveis de matéria orgânica do solo.

Tabela 1 – Correlação entre os indicadores ecológicos de impacto do uso recreativo, encontrados no “camping” selvagem do Parque Estadual Pico do Marumbi. Morretes, PR, 1996.

Table 1 – Correlation of different ecological indicators of recreational impact at camping area in Pico Marumbi State Park. Morretes, PR, 1996.

Indicadores	RP(5)	RP(10)	C	Reg.	Dens.	Mac.	Mic.	C.R.ag
RP (5) - Resistência à penetração - 0-5 cm (MPa)	-							
RP (10) - Resistência à penetração - 5-10 cm (MPa)	0.85	-						
C - Conteúdo de carbono (g dm ⁻³)	0.22	0.36	-					
Reg. - Regeneração natural (n° plantas/m ²)	0.09	0.13	0.48	-				
Dens. - Densidade do solo (g dm ⁻³)	0.25	0.17	-0.58	-0.53	-			
Mac. - Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	-0.18	-0.17	-0.39	0.28	-0.54	-		
Mic. - Microporosidade (m ³ m ⁻³)	-0.12	-0.11	0.19	0.37	-0.59	-0.24	-	
C.R.ag. - Capacidade de retenção de água (m ³ m ⁻³)	-0.11	-0.12	0.14	0.27	-0.51	-0.30	0.96	-

A macroporosidade, a microporosidade e a capacidade de campo são negativamente correlacionadas com a densidade do solo, evidenciando-se que um aumento na densidade do solo tem impactos negativos na difusão de oxigênio no solo, bem como na disponibilidade de água às plantas. Além disso, as correlações positivas entre densidade e resistência à penetração indicaram maior sensibilidade do solo em aumentar a resistência com o seu secamento, o que foi corroborado por Tormena et al. (1998). Em concordância com Tormena e Roloff (1996), a resistência à penetração, nas duas profundidades, é positivamente relacionada com a densidade e, negativamente, com a retenção de água. Esse fato indica que o impacto do pisoteio aumenta a densidade do solo, o que pode resultar em aumento também da resistência à penetração, devido à forte dependência da resistência em

relação à umidade do solo.

Os resultados da análise fatorial estão apresentados na Tabela 2. A estrutura dimensional dessa análise compreende três fatores, os quais explicam cerca de 80% da variância total. Observando os resultados da análise fatorial (Tabela 2), constatou-se que o fator 1 possui, como variáveis de maior peso, os indicadores conteúdo de carbono, macroporosidade, densidade do solo e regeneração natural, explicando 30% da variância total, em que o conteúdo de carbono, a regeneração natural e a macroporosidade são negativamente relacionados com a densidade do solo. Tal situação ratifica a afirmação de diversos autores, entre os quais Kiehl (1979), de que quanto mais elevada for a densidade do solo, maiores serão as limitações para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Tabela 2 – Análise fatorial dos indicadores ecológicos de impacto do uso recreativo no “camping” selvagem do Parque Estadual Pico do Marumbi, pelo método das componentes principais. Morretes, PR, 1996

Table 2 – Factorial analysis of ecological indicators of recreational impact at camping area in Pico Marumbi State Park. Morretes, PR, 1996

Variável	PESO DAS VARIÁVEIS NOS FATORES		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Resistência à penetração de 0-5 cm (MPa)	-0.006406	0.937120	0.062915
Resistência à penetração de 5-10 cm (MPa)	0.081897	0.953613	0.06521
Conteúdo de carbono (g dm ⁻³)	0.805384	0.329327	-0.076070
Regeneração natural (n° plantas/m ²)	0.693177	0.146634	-0.283104
Densidade do solo (g dm ⁻³)	-0.821914	0.261622	0.408380
Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	0.762331	-0.294204	0.469184
Microporosidade (m ³ m ⁻³)	0.202447	-0.076966	-0.962793
Capacidade de retenção de água (m ³ m ⁻³)	0.108358	-0.074269	-0.968098
Explicação da variância	2.445302	2.083970	2.344769
Proporção total	0.305663	0.260496	0.293096

O fator 2 é determinado pelo indicador resistência à penetração, em dois níveis de profundidade, e explica 26% da variância total. O fator 3, cujas variáveis de maior peso na análise são os indicadores capacidade de campo e a microporosidade explica 29% da variância total. Esse resultado pode ser justificado pelo fato de a retenção de água no solo ocorrer nos microporos e mesoporos do solo (KIEHL, 1979), os quais estão contidos nas duas variáveis indicadoras. Aumento na densidade do solo devido ao intenso pisoteio pelos visitantes tem como consequência, simultaneamente, o aumento da resistência à penetração e redução na capacidade de retenção de água pelo solo, o que justifica tais resultados. Todos esses indicadores estão ligados aos efeitos negativos que o pisoteio dos visitantes e a perda da vegetação exercem sobre o solo.

Os resultados da análise discriminante (Tabela 3) indicam que a macroporosidade é o indicador mais importante para a área e, na seqüência, o que melhor discrimina as áreas de acampamento das áreas sem uso recreativo é a microporosidade. De acordo com Cole (1985), os efeitos da compactação do solo em área de acampamento têm sido constatados frequentemente e resultam em mudanças na porosidade, por exemplo a perda de até 60% de macroporos em determinadas áreas. A macroporosidade é facilmente modificada pela aplicação de carga ao solo (pisoteio), o que tem sido comprovado em inúmeros estudos relacionados com os efeitos do manejo e da compactação em solos agrícolas.

Tabela 3 – Variáveis de impacto ecológico que melhor discriminam as clareiras de acampamento das áreas sem uso recreativo no “camping” selvagem do Parque Estadual Pico do Marumbi, Morretes, PR, 1996

Table 3 – Best ecological impact indicators to discriminate between camping area and non-recreative areas at Pico Marumbi State Park. Morretes, PR, 1996

Variáveis	F-remove (1,75)	p-level
Macroporosidade ($m^3 m^{-3}$)	31.21744	0.000000
Microporosidade ($m^3 m^{-3}$)	7.81904	0.006563
Resistência do solo à penetração de 5-10 cm (MPa)	2.74781	0.101562
Resistência do solo à penetração de 0-5 cm (MPa)	1.24802	0.267496

Tendo em vista a alta correlação observada na Tabela 1, entre os indicadores macroporosidade, microporosidade e densidade do solo, o fato de esses indicadores apresentarem pesos elevados nos fatores 1 e 3 (Tabela 2) e, ainda, o fato de a macroporosidade discriminar melhor as duas áreas, pode-se simplificar o processo de seleção dos indicadores, preconizando e utilizando no monitoramento esses três indicadores. O fato de esses indicadores serem obtidos de uma amostra representando a estrutura natural do solo, além de serem de determinação relativamente fácil, justifica a sugestão de utilizá-los no monitoramento dessa área de estudo. Ademais, são medidas que podem ser temporalmente realizadas, permitindo acompanhar a evolução da qualidade do solo em função da visitação pública nas áreas de recreação.

Considerando que essas variáveis representam o estado físico atual do solo, vale ressaltar que elas variam por efeito da compactação ou pela incorporação de matéria orgânica, o que depende da forma e da intensidade do uso recreativo e do manejo adotado. Isso é bastante positivo ao considerar-se que existem alternativas de manejo simples, como a incorporação de matéria orgânica (galhos e folhas em decomposição que podem ser trazidos das proximidades) e suspensão temporária da visitação, as quais podem ser adotadas para melhorar as propriedades físicas do solo e promover a regeneração das plantas.

De acordo com os resultados das análises de amostras de solo obtidos no Marumbi (Anexo 1), as condições físicas do solo ainda não comprometem a regeneração natural e o crescimento das plantas. No entanto, é essencial o monitoramento da área para observar por quanto tempo essa condição persiste e de que forma algumas alternativas de manejo podem garantir a continuidade dessa condição.

O fato de os indicadores regeneração natural e densidade do solo discriminarem as áreas de acampamento das áreas sem uso recreativo, juntamente com a macroporosidade e a microporosidade, como indica o resultado da análise discriminante apresentada na Tabela 3, confirma que a compactação, provocada pelo pisoteio, é prejudicial ao solo e à vegetação. Além de problemas ao crescimento das raízes, a compactação dificulta a infiltração de água no solo, resultando em solo exposto, erosão e perdas de solo e, em casos extremos, exposição das raízes das plantas, como atestaram Leung e Marion (1999).

No Marumbi, a resistência à penetração média na superfície (0-0,05 m) foi de 0,78 MPa nas clareiras e 0,69 MPa nas testemunhas, enquanto na profundidade de 0,05-0,10 m as médias obtidas foram 0,74 MPa nas clareiras e 0,71 MPa nas testemunhas, havendo diferença significativa nos dois casos ($p < 0,05$). Tormena e Roloff (1996) destacaram que muitos autores adotavam para a resistência à penetração um limite de 1,0 MPa como valor crítico e 2,0 MPa como impeditivo ao crescimento das raízes. Embora a situação observada no Marumbi se aproxime do valor crítico, acredita-se que, antes de adotar qualquer medida, novas avaliações devam ser realizadas, a fim de verificar os níveis de resistência à penetração do solo.

O fato de quatro indicadores ecológicos apresentados na Tabela 3 discriminarem as áreas de acampamento das áreas-testemunha não significa que eles devam ser monitorados imediatamente, mas que conseguem, hoje, estabelecer melhor as diferenças entre as duas áreas. As condições das testemunhas em relação às áreas utilizadas para acampar nada mais são do que um ponto de referência para futuras comparações. Elas não podem ser consideradas condições ideais, uma vez que, embora sem uso, a área não esteja completamente protegida da ação dos visitantes e processos naturais.

Em um primeiro momento, pode-se dizer que a escolha de cada indicador depende inicialmente da representatividade individual de cada um e, depois, da correlação que apresente com os outros. Dessa forma, consideram-se como bons indicadores a serem monitorados no caso da área de "camping" selvagem do Parque Marumbi as variáveis macroporosidade; microporosidade; resistência à penetração nas camadas de 0,05-0,10 m e de 0-0,05 m de profundidade; e, também, a densidade do solo.

4. CONCLUSÕES

A metodologia adotada foi eficiente para identificar os principais indicadores de impacto no solo, e a definição destes permite aos administradores otimizar o uso dos recursos, priorizando o monitoramento daqueles que melhor refletem as condições da área.

O monitoramento das áreas avaliadas com base na seleção dos indicadores mais representativos poderá subsidiar as decisões futuras de manejo. Os principais indicadores ecológicos a serem monitorados no

Parque Marumbi são a macroporosidade, a microporosidade, a resistência do solo à penetração na superfície e entre 0,05 e 0,10 m e a densidade do solo.

É essencial que as pesquisas continuem e sejam divulgadas. Como o processo de planejamento é dinâmico, poderá haver necessidade de substituir alguns indicadores que reflitam melhor as condições reais de cada área.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: America Society of Agronomy, 1986. v.13. p.363-375.

COLE, D.N. Wilderness campsite impacts: Effect of amount of use. **Research Paper INT**, n.284, p.1-34, 1982.

_____. Monitoring the condition of wilderness campsites. **Research Paper INT**, n.302, p.1-10, 1983.

_____. Low-impact recreational practices for wilderness and backcountry. **General Technical Report INT**, n.265, p.1-131, 1985.

_____. Recreational impacts on backcountry campsites in Grand Canyon National Park. **Environment Management**, n.10, p.651-659, 1987.

_____. Disturbance and recovery of trampled montane grassland and forests in Montana. **Research Paper INT**, n.389, p.1-37, 1988.

_____. Wilderness campsite monitoring methods: A sourcebook. **General Technical Report INT**, n. 259, p. 1-57, 1989.

COLE, D.N.; HALL, T.E. Trends in campsite condition: Eagle Cap Wilderness, Bob Marshall Wilderness, and Grand Canyon National Park. **Research Paper INT**, n.453, p.1-40, 1992.

DRUMM, A.; MOORE, A. **Desenvolvimento do Ecoturismo – um manual para profissionais de conservação**. Virgínia: The Nature Conservancy, 2003. v. 1. 100p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos de Análises de Solos. Rio de Janeiro: 1997.
- FENNELL, D.A. **Ecoturismo – uma introdução**. São Paulo: Contexto, 2002. 281p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (FIBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: 1992. (Manuais Técnicos de Geociências, n. 1).
- HAMMITT, W.E.; COLE, D.N. **Wildland recreation – ecology and management**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 361p.
- HENDEE, J.C.; DAWSON, C.P. **Wilderness Management – stewardships and protection of resources and values**. 3. ed. Ogden: Fulcrum Publishing, 2002. p.637.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia - relação solo-planta**. São Paulo: CERES, 1979. p.262.
- LEUNG, Y.; MARION, J.L. Characterizing backcountry camping impacts in Great Smoky Mountains National Park. **Journal of Environmental Management**, v.57, p.193-203, 1999.
- LEUNG, Y.; MARION, J.L. Recreation Impacts and Management in wilderness: a state-of knowledge review. **USDA Forest Service proceedings RMRS**. v. 5, p.15. 2000.
- LUTZ, H.J. Soil condition of picnic grounds in public forest parks. **Journal of Forestry**, n.43, p.121-127, 1945.
- MAGRO, T.C. **Impactos do uso público em uma trilha do parque Nacional do Itatiaia**. 1999. 135f. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo. 1999.
- MARION, J.L.; MERRIAN, L.C. Predictability of recreational impact on soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.49, n.3, p.751-753, 1985.
- Mc COOL, S.F. **Limits of acceptable change: A framework for managing national protected areas: experiences from the United States**. In: WORKSHOP ON IMPACT MANAGEMENT IN MARINE PARKS 1996, Kuala Lumpur. **Paper...** Maritime Institute of Malaysia, Kuala Lumpur: 1996. (Endereço eletrônico).
- MERIGLIANO, L. **The identification and evaluation of indicators to monitor wilderness conditions**. 1987. 273f. Dissertação (Master of Science) University of Idaho – Moscow, 1987.
- MILANO, M.S. Mitos no manejo de unidades de conservação no Brasil, ou a verdadeira ameaça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 2., 2000, Campo Grande. **Anais...** Curitiba: Rede Pró-Unidades de Conservação, 2000. p.11-25.
- PRISKIN, J. Tourist perceptions of degradation caused by coastal nature-based recreation. **Environmental Management**, v.32, n.2, p.189-204, 2003.
- REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.211-216, 1988.
- SETTERGREN, C.D.; COLE, D.M. Recreation effects on soil and vegetation in the Missouri Ozarks. **Journal of Forestry**, v.68, n.4, p.231-233, 1970.
- STANKEY, G.H. et al. The Limits of Acceptable Change (LAC) system for wilderness planning. **General Technical Report INT**, n. 176, p.1-37, 1985.
- STOHLGREN, T.J.; PARSONS, D.J. Vegetation and soil recovery in wilderness campsites closed to visitor use. **Environmental Management**, n.10, p.375-380, 1986.
- TAKAHASHI, L. Y. **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) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.20, p.333-339, 1996.

ANEXO 1 – INDICADORES DE IMPACTO DO PARQUE MARUMBI

Variável	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	AG	AF	Sil.	Arg
Trat..	RP(0-5) MPa	RP(5-10) MPa	C g cm-3	Reg. n.pl/m2	D _s g dm-3	Mac m3 m-3	Mic m3 m-3	CRA m3 m-3	%	%	%	%
1	1,2263	1,14205	32,3	9	1,1232	0,0096	0,528	0,5021	35	10	27	28
1	1,0657	0,95258	30,02	1	1,1933	0,0457	0,458	0,4534	40	8	26	26
1	1,4841	1,42624	34,58	0	1,1555	0,0073	0,507	0,4779	34	10	30	26
1	0,7473	0,78943	39,14	0	0,9048	0,0061	0,58	0,5801	31	9	32	28
1	0,9421	0,96837	33,44	8	1,0686	0,0141	0,533	0,5258	43	8	23	26
1	1,1789	1,11047	25,46	8	1,2275	0,0128	0,497	0,4751	42	8	22	28
1	1,6894	1,12626	20,9	9	1,2631	0,0288	0,478	0,4187	31	8	25	36
1	1,2947	0,73154	19,76	0	1,1947	0,0054	0,524	0,5168	39	9	21	31
1	0,7315	0,66312	25,08	12	0,9016	0,0046	0,647	0,6466	21	13	31	35
1	0,8736	0,71049	24,32	28	0,8538	0,013	0,644	0,6397	21	10	34	35
1	0,9526	0,99995	35,34	29	0,8217	0,01	0,64	0,6191	26	10	32	32
1	0,8842	0,921	36,86	29	0,8481	0,0808	0,574	0,5719	22	11	33	34
1	0,9421	0,98942	31,16	27	0,9604	0,0174	0,592	0,5188	24	13	30	33
1	0,6315	0,68944	34,2	15	0,8752	0,011	0,621	0,617	20	9	40	31
1	0,7315	0,83154	31,16	17	0,8741	0,0188	0,609	0,6049	24	13	32	31
1	0,8579	0,59997	19,76	20	0,9102	0,0023	0,646	0,6461	21	10	33	36
1	0,5052	0,42629	19,38	3	0,9158	0,1068	0,488	0,487	26	17	23	34
1	0,5631	0,62102	25,46	12	0,9915	0,0497	0,505	0,4753	26	15	26	33
1	0,5473	0,58418	23,94	11	0,9437	0,0303	0,548	0,5019	26	15	27	32
1	0,6052	0,61576	20,9	7	1,0273	0,0098	0,538	0,5082	24	15	26	35
1	0,5526	0,54208	27,74	11	0,9831	0,0027	0,58	0,5738	27	18	16	39
1	0,5842	0,54734	19,38	10	1,048	0,0015	0,564	0,5637	27	18	18	37
1	0,7052	0,62102	22,42	3	1,1301	0,0052	0,543	0,5432	28	21	18	33
1	0,521	0,61049	23,56	3	0,9826	0,0131	0,544	0,5134	26	21	15	38
1	0,6473	0,68417	20,14	15	0,8805	0,0226	0,6158	0,6124	18	14	19	49
1	0,7473	0,71575	23,56	21	0,9933	0,0151	0,562	0,5459	21	16	18	45
1	0,6579	0,75259	38	15	0,6293	0,0159	0,691	0,6809	20	12	29	39
1	1,1631	0,81048	27,36	18	1,0154	0,0948	0,454	0,4443	24	21	14	41
1	1,0894	0,95784	22,8	53	1,1004	0,0422	0,53	0,5137	25	18	19	38
1	0,8947	0,81575	22,8	5	0,9239	0,0314	0,571	0,5442	20	18	16	46
1	0,6947	0,6947	21,66	22	0,8738	0,0197	0,618	0,5918	18	14	21	47
1	0,6736	0,59471	23,94	19	0,8264	0,0316	0,615	0,6064	17	14	19	50
1	0,621	0,5105	21,66	6	0,8808	0,0197	0,611	0,6093	18	14	24	44
1	0,5526	0,53155	23,94	8	0,7422	0,0294	0,646	0,631	19	13	25	43
1	0,7842	0,49997	22,04	6	0,9446	0,1377	0,556	0,5426	20	14	26	40
1	0,921	0,79996	30,02	2	1,0517	0,0416	0,547	0,5434	23	18	25	34
1	0,6473	0,77364	38,38	34	0,6671	0,0488	0,668	0,6275	16	10	43	31
1	0,6789	0,68417	38	18	0,6481	0,0932	0,588	0,5467	14	10	44	32
1	0,7368	0,84732	37,62	38	0,8207	0,035	0,603	0,5956	25	16	28	31
1	0,6684	0,67891	30,02	20	0,8177	0,0447	0,63	0,6147	22	13	33	32
2	0,4473	0,5526	24,7	12	0,8852	0,0441	0,566	0,5545	25	12	31	32
2	0,5631	0,79996	38	12	0,7246	0,0937	0,565	0,5458	21	10	37	32
2	0,6315	0,79996	38,38	20	0,6011	0,1358	0,554	0,5325	17	9	44	30
2	0,5421	0,54208	38,76	26	0,5661	0,1576	0,557	0,5285	21	10	36	33
2	0,5263	0,5526	37,62	14	0,6433	0,1132	0,584	0,5686	24	10	28	38
2	0,4	0,60523	36,1	23	0,7417	0,1152	0,565	0,5417	28	9	26	37
2	0,5316	0,62102	38	29	0,7808	0,1158	0,541	0,508	27	12	20	41

Continua...
Continued...

Anexo, cont.

Enclosure, cont..

Variável	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	AG	AF	Sil.	Arg
Trat..	RP(0-5) MPa	RP(5-10) MPa	C g cm-3	Reg. n.pl/m2	D _s g dm-3	Mac m3 m-3	Mic m3 m-3	CRA m3 m-3	%	%	%	%
2	0,421	0,55787	33,82	43	0,8044	0,0849	0,546	0,4632	27	11	20	42
1	0,4894	0,43682	23,56	30	0,8834	0,0044	0,613	0,6098	21	14	23	42
1	0,4737	0,52629	20,14	13	0,8512	0,1182	0,533	0,5094	24	16	20	40
1	0,5579	0,62628	30,4	14	0,8905	0,0938	0,52	0,4908	24	13	25	38
1	0,5894	0,62102	29,26	21	0,9008	0,0618	0,559	0,5521	24	14	25	37
1	0,5789	0,60523	26,22	16	0,9759	0,084	0,502	0,4752	23	15	25	37
1	0,4894	0,52103	22,42	9	0,8928	0,0936	0,494	0,4606	19	13	29	39
1	0,7526	0,65786	22,42	6	0,9133	0,0043	0,582	0,5657	20	14	28	38
1	0,5421	0,5526	25,46	12	0,881	0,0387	0,591	0,5656	20	13	29	38
2	1,4815	1,36835	35,34	23	0,7583	0,0244	0,651	0,6446	19	14	29	38
2	1,021	0,86838	34,58	13	0,7518	0,1157	0,56	0,5189	21	13	25	41
2	1,121	0,75786	28,5	19	0,8527	0,0119	0,631	0,6289	21	13	29	37
2	1,0884	0,8368	32,68	24	0,7667	0,0752	0,602	0,5928	18	12	33	37
2	0,9	0,55787	39,14	28	0,7708	0,0813	0,646	0,6061	20	12	33	35
2	0,8631	0,98416	39,14	33	0,7675	0,0948	0,594	0,552	20	13	30	37
2	0,4631	0,41577	38,76	28	0,6945	0,0621	0,655	0,6304	23	14	26	37
2	1,2473	1,14205	37,62	29	0,7567	0,0442	0,64	0,6312	22	13	28	37
1	0,421	0,44208	14,44	0	1,0949	0,0195	0,574	0,5686	24	16	21	39
1	0,6736	0,84206	15,96	2	1,1809	0,0101	0,538	0,5093	24	16	22	38
1	0,6158	0,67365	11,02	7	0,9903	0,0183	0,583	0,5663	24	18	23	35
1	0,5579	0,6526	16,34	2	1,097	0,0089	0,555	0,5263	24	19	20	37
1	0,4631	0,63681	11,02	3	1,0902	0,007	0,566	0,5493	23	16	26	35
1	0,7973	0,82101	10,26	3	1,19	0,0068	0,531	0,5276	28	16	22	34
1	0,2184	0,43156	16,72	3	1,0224	0,0164	0,597	0,5876	26	15	24	35
1	0,5368	0,56839	28,12	0	1,1794	0,0227	0,502	0,4752	30	17	19	34
2	0,4473	0,61049	32,68	13	0,6788	0,1385	0,571	0,5669	32	9	24	35
2	0,4789	0,58944	19	10	0,923	0,0393	0,581	0,574	43	12	13	32
2	0,5	0,65786	22,04	6	1,0291	0,0005	0,562	0,5554	38	17	15	30
2	0,3684	0,5526	26,96	7	1,1549	0,0095	0,562	0,5526	43	16	15	26
2	0,5737	0,6526	28,5	11	0,9678	0,0597	0,544	0,5367	38	12	19	31
2	0,3579	0,39472	3,8	8	0,8786	0,0483	0,634	0,5829	36	14	22	28
2	1,0473	1,07363	33,06	10	0,8424	0,0487	0,573	0,5609	45	10	15	30
2	0,6631	0,74207	24,32	11	1,0245	0,1152	0,47	0,4211	50	9	12	29

Média das variáveis nas clareiras (Clar.) e nas testemunhas (Test.)

Trat.	RP(0-5)	RP(5-10)	C	Reg.	D _s	Mac	Mic	CRA	AG	AF	Sil.	Arg
Clar.	0,7766	0,7425	25,46	7	0,9762	0,0279	0,5696	0,5529	25	14	25	36
Test.	0,6952	0,7181	31,73	19	0,8069	0,0762	0,6814	0,5583	28	12	25	34

Em que:

Trat. 1 = testemunha; Trat. 2 = clareira

RP(0-5) = resistência à penetração entre 0 e 5 cm (MPa);

RP(5-10) = resistência à penetração entre 5 e 10 cm (MPa);

C = conteúdo de carbono no solo (g cm⁻³);Reg. = quantidade de regeneração natural em cada amostra (nº. plantas/m²);D_s = densidade do solo (g dm⁻³); Mac = macroporosidade (m³ m⁻³); Mic. = microporosidade (m³ m⁻³);CRA = capacidade de retenção de água (m³ m⁻³);

AG = areia grossa (%);

AF = areia fina (%);

Sil. = silte (%); e,

Arg. = argila (%)

