



ARTIGO

Técnicas de *Viewshed* para planejamento de trilhas de visitação em Unidades de Conservação da Natureza

Raquel Fetter^{1*}, Carlos Henke-Oliveira¹ e Carlos Hiroo Saito¹

Recebido: 26 de junho de 2011 Recebido após revisão: 19 de dezembro de 2011 Aceito: 27 de janeiro de 2012
Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1949>

RESUMO: (Técnicas de *Viewshed* para planejamento de trilhas de visitação em Unidades de Conservação da Natureza). A atratividade das trilhas em áreas protegidas pode ser avaliada por meio de metodologias específicas, dentre elas, as que destacam a qualidade cênica da paisagem tem merecido atenção enquanto um dos catalisadores mais importantes de conscientização ambiental. A presente pesquisa utilizou a tecnologia de SIG para conduzir o planejamento de trilhas no recém-criado Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares, área destinada a prática de turismo de visitação e lazer no município de Marcelino Ramos/RS, por meio de análises topográficas, particularmente baseadas em *Viewsheds* e da aptidão local para implementação de trilhas. Foram definidas seis trilhas as quais totalizam 14.005 metros, apresentando uma declividade média de 22,16%, uma variação altitudinal de 180,58 metros e uma duração total de caminhada estimada em 08h40min. Os percursos variam entre 3.321 e 4.783 metros e têm pouco efeito sobre o grau de dificuldade de caminhada. Considerando a diversidade da paisagem, duas trilhas (1 e 2) apresentaram os maiores valores de Uniformidade de Pielou (64,2 e 64,1%) e de Diversidade de Shannon (1,250 e 1,245). De forma geral, dadas as suas características peculiares e complementares, as trilhas 1 e 2 conjuntamente possibilitam a experiência do visitante com diferentes biótopos locais, com visibilidades proporcionais tanto maiores, quanto menores. Assim, orienta-se que estas sejam as primeiras trilhas a serem implementadas diante da abertura da visitação do Parque. Numa segunda etapa, diante do interesse, necessidade e viabilidade, sugere-se a implementação de uma única trilha adicional dentre as restantes (3, 4, 5 e 6), dada similaridade entre elas, de forma viabilizar o uso turístico da área, evitando-se, contudo, uma sobrecarga do uso turístico e o comprometimento ecológico da área.

Palavras chave: conservação ambiental, visualização da paisagem, qualidade cênica, visitação turística.

ABSTRACT: (*Viewshed* techniques for off-tracks planning in Protected Areas). Many methods evaluate the attractiveness of the off-tracks in protected areas. Among them, the scenic quality of landscape has received attention in researches as a major catalyzer for environmental attractiveness. This research used the GIS technology to conduce the planning of off-tracks in the Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares, using topographic analysis, particularly based on *Viewsheds* and capability for local implementation of visiting. We defined six off-tracks totalizing 14,005 meters, with a average slope of 22.16%, an altitudinal range of 180.58 meters and a crossing-time walk around 08:40. The distances range from 3,321 to 4,783 meters and have little effect on the degree of crossing difficulty. Considering the landscape diversity, two off-tracks (1 and 2) show the highest values of Pielou's uniformity (64.2 and 64.1%), and of Shannon index Diversity (1.250 and 1.245). In general, given its unique characteristics and complementarity, off-tracks 1 and 2 jointly allow the tourist experience with different local biotopes, with both high as low proportional visibility. Thus, we suggest these off-tracks to the priority implementation when the Park is opened to visitation. In a second phase, considering the interest, the needs and the viability, we suggest the implementation of a single additional off-track among the remaining (3, 4, 5 and 6), given their similarity, in order to make viable the visiting tourism, avoiding, however, an overload of touristic use and a consequent ecological deterioration of the visiting area.

Key words: environmental conservation, view of landscape, scenic quality, tourist visitation.

INTRODUÇÃO

A atratividade das trilhas para fins de visitação em áreas protegidas se relaciona com fatores naturais, como variedade de vegetação, proximidade com corpos d'água, relevo, áreas históricas ou arqueológicas, observação de animais, dentre outros e pode ser avaliada por métodos específicos (Magro & Freixêdas 1998, Carvalho & Nolasco 2007). Da mesma forma, a qualidade cênica das paisagens está continuamente ganhando destaque no século XXI, no planejamento de trilhas e está fortemente correlacionada à naturalidade (Daniel 2001) e à sensibilidade do público pelo estado da pai-

sagem. Este último aspecto talvez seja um dos catalisadores mais importantes de conscientização ambiental e da ação sobre o meio ambiente (Zube 1980, Nassauer 1992).

Pode-se argumentar que a qualidade cênica, apesar de seu valor de uso indireto, é um componente importante da qualidade de vida da população. Uma vez que características qualitativas e quantitativas afetam o apelo estético das paisagens, reconhece-se a necessidade de avaliar essa qualidade cênica, de tal forma que os gestores possam tomar decisões sobre uma base factual para a aquisição, desenvolvimento ou conservação des-

1. Laboratório de Ecologia Aplicada, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. Campus Darcy Ribeiro. CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil.

*Autor para contato. E-mail: raquelfetter@yahoo.com.br

tes recursos (Shafer *et al.* 1969). Além disso, técnicas de visualização da paisagem virtual podem fazer parte de sistemas de apoio à decisão, reduzindo a subjetividade nas avaliações de impacto visual e comunicando eficazmente as mudanças da paisagem para o planejamento de trilhas e demais espaços públicos, mesmo antes que a permissão para a sua implementação seja dada (Nakamae *et al.* 2001, Orland *et al.* 2001, Paliokas *et al.* 2007, Ramos & Panagopoulos 2004, Schmid 2001).

Com o objetivo identificar e avaliar o potencial cênico de paisagens, surge o termo *Viewshed*, o qual representa um conceito que busca explicar a existência de uma região formada por todos os pontos na paisagem que sejam visíveis a partir de um dado local (De Floriani & Magillo 2003, Franklin & Ray 1994, Schwartz & Pedrini 2001, Wang *et al.* 1996). Este conceito representa o campo de visão de um observador e é particularmente útil no planejamento e ordenamento territorial, visto que a paisagem é um espaço definido por um observador, numa dada escala de tempo e espaço, e guarda em si uma heterogeneidade nos seus fatores (Metzger 2001). Além do conceito, o *Viewshed* representa uma geotecnologia que, a partir de um modelo digital de Elevação (MDE), busca espacializar o conceito num conjunto de pontos na paisagem que sejam mutuamente visíveis numa região delimitada quando a linha de visão entre observador e objeto permanece sobre o terreno e o toca somente nos pontos extremos (Kaucic & Zalik 2008). Ou seja, enquanto técnica se propõe a trabalhar mais especificamente com indicadores de posição, o que permite a visualização do horizonte em relação ao observador em nível superior ou inferior.

Considerando que os sistemas de informações geográficas (SIG) possuem recursos para extrair informações relevantes para o planejamento, gerenciamento e uso racional dos recursos naturais (Decanini 2001), a integração entre as geotecnologias e o ecoturismo é particularmente instigante, visto que a análise visual baseada em *Viewsheds* possibilita avaliar o desenho de trilhas em áreas especialmente ricas em termos cênicos. A partir das trilhas estabelecidas, é possível efetuar comparações entre os mesmos quanto à riqueza e qualidade dos respectivos campos de visão, de modo a hierarquizá-los.

Seguindo esse raciocínio, esse trabalho propôs a utilização de tecnologia de SIG para subsidiar o planejamento de trilhas no Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares (PNMTS), uma Unidade de Conservação da Natureza de proteção integral, localizado no município de Marcelino Ramos/RS por meio de análises topográficas, particularmente baseadas em *Viewsheds* visando auxiliar no atual processo de implantação do ecoturismo local. Adicionalmente, estes aspectos são analisados diante da aptidão local para implementação de trilhas, considerando as restrições ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O PNMTS (Fig. 1) é enquadrado como Unidade de Conservação da Natureza de Uso Integral, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC (Brasil 2000). Está localizado no município de Marcelino Ramo, estado do Rio Grande do Sul e tem sua coordenada central em 27° 29' 36, 28" de latitude sul e 51° 56' 26, 40" de longitude oeste. Foi criado com a finalidade de atender ao disposto na Resolução 10/87 e 02/96 do CONAMA, que estabelece a reparação dos danos ambientais causados aos ecossistemas, por empreendimento de relevante impacto ambiental, nesse caso, a Usina Hidrelétrica de Ita/SC, formada pelo represamento do Rio Uruguai, em um reservatório com 12.640 hectares. O parque possui uma amplitude altimétrica de 238 m (entre 372 e 610 m) (Fetter 2010), resultando em drenagens relativamente retilíneas e rápidas, típicas de relevo acidentado, as quais assumem uma característica típica de perpendicularidade em relação aos seus coletores (Fetter & Henke-Oliveira 2010). Encontra-se, atualmente, em fase de implementação de infraestrutura para o desenvolvimento do ecoturismo como atividade complementar ao turismo termal que atrai cerca de 65.000 turistas ao ano para o município.

Fontes de dados e procedimentos

O processamento de dados cartográficos teve o suporte dos SIGs Mapinfo 8 e Idrisi Kilimanjaro. Os dados tiveram origem no Acervo Cartográfico do LA-GEPLAM (Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental da URI, campus de Erechim), em escala 1:50.000. Também foi utilizado o mapa dos biótopos produzido por Fetter (2010) em escala 1:4.000, que seguiu a metodologia proposta por Bedê (1997), onde são utilizadas características típicas da estrutura, como hidrografia, uso e cobertura vegetal, enquanto um conjunto de fatores que contribuem para a definição de uma identidade ou status ecológico. O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido por interpolação TIN (Rede Triangular Irregular) e a declividade, por operadores de contexto (*surface*).

As trilhas foram definidas em etapas. Na primeira etapa foi realizada uma modelagem preliminar dos locais mais apropriados para o estabelecimento de trilhas, com base nas características físicas do ambiente, considerando a hidrografia, a hipsometria, a declividade, a pedologia, os tipos de biótopos e antigos caminhos criados por ex-moradores locais. Das trilhas pré-definidas foram derivadas informações sobre a duração da caminhada, distância do percurso à sombra, sinuosidade e grau de dificuldade, os quais foram submetidos a uma análise de componentes principais (PCA). A estimativa do tempo de percurso para as trilhas planejadas teve por base o valor de velocidade média (1,74 km/h) registrado com o auxílio de um receptor GPS nas atividades de campo,

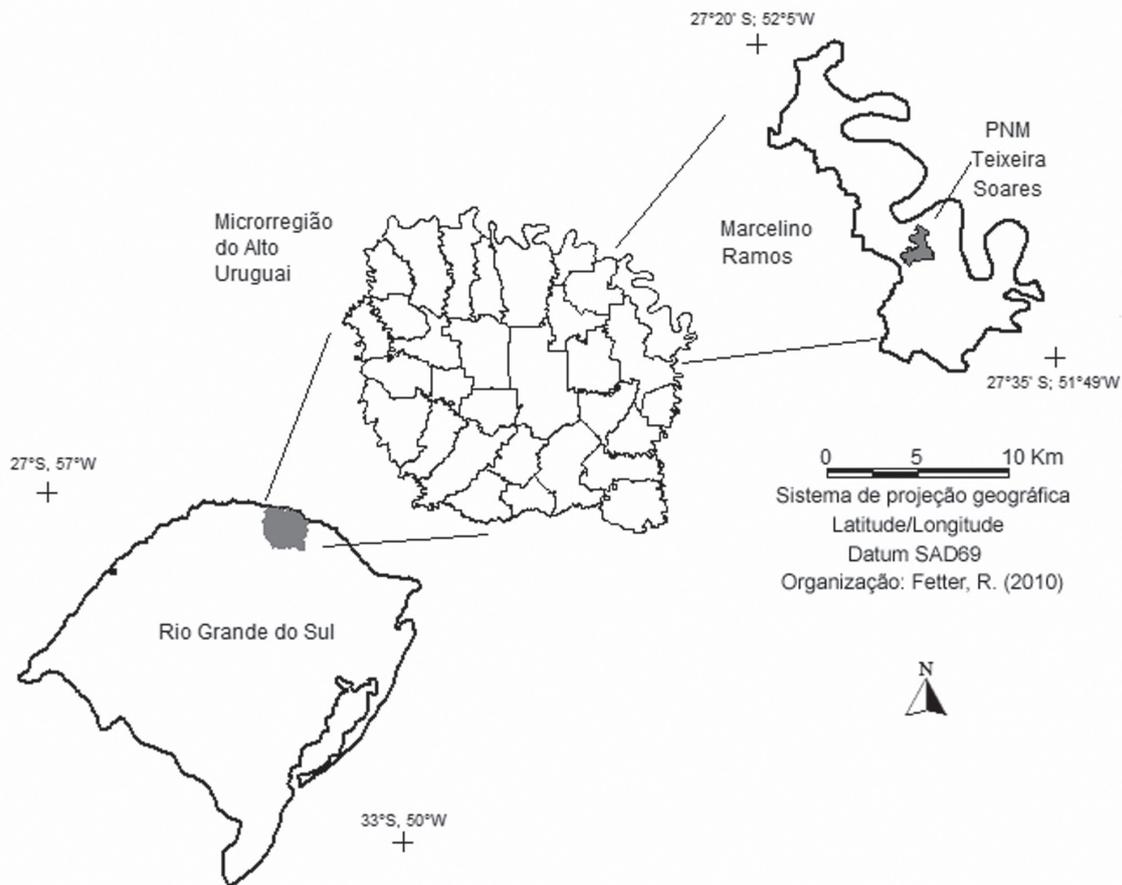


Figura 1. Localização do PNMTS, no município de Marcelino Ramos, Região Alto Uruguai, estado do Rio Grande do Sul.

nos caminhos já existentes no PNMTS. O Índice de Sinuosidade foi dado pela razão entre o comprimento da trilha e a distância, em linha reta, entre seu início e final. O grau de dificuldade das trilhas foi baseado na declividade e expresso de forma qualitativa e quantitativa, de forma que a menor dificuldade (+) indica declividades médias inferiores a 15%. Progressivos graus de dificuldade são associados a declividades entre 15 e 23% (++), entre 23 e 25% (+++) e acima de 25% (++++) podendo, assim, serem orientadas à escolha do visitante em função de sua faixa etária, condicionamento físico ou disposição.

Na segunda etapa, houve a seleção das trilhas segundo aspectos cênicos da paisagem ao longo do percurso de cada uma das trilhas pré-definidas. Para isso, foram construídos os *Viewsheds* individuais de cada trilha por meio do módulo *Viewshed* do Idrisi Kilimanjaro sobre o MDE e a análise dos resultados foi baseada no perfil topográfico e clinográfico por meio do módulo *Profile*. Também foi realizada a sobreposição temática entre os *Viewsheds* e a carta de biótopos. A proporção de biótopos visíveis nos *Viewsheds* foi utilizada para o cálculo de índices de diversidade da paisagem visual. Este procedimento, descrito por McGarigal & Marks (1995), é baseado no índice de Diversidade de Shannon (H') e Uniformidade de Pielou (e), frequentemente utilizados

como índices de diversidade biológica, sendo que os maiores índices são obtidos nos *Viewsheds* que apresentam maior riqueza (número de biótopos visíveis) e uniformidade (proporções aproximadamente iguais da visualização dos biótopos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram definidas, preliminarmente, seis trilhas (Fig. 2) no PNMTS, que totalizam 14.005 m, passando por trechos que acompanham uma ferrovia desativada e áreas sem pavimentação. Apresentam uma declividade média de 22,16%, uma variação altitudinal de 180,58 m e uma duração de caminhada estimada em 08h40min. A duração de caminhada fora de galerias (ausência de dossel florestal) representa 73,66% do tempo total, ou seja, 05h56min. A tabela 1 apresenta as características individuais das trilhas.

As trilhas têm seu maior percurso fora de áreas de galeria, indicando baixo cruzamento com áreas florestais e uma maior exposição do visitante à insolação direta, contudo favorecem um menor acesso direto às áreas mais íntegras (florestas) e possibilitam maior campo de visão. O índice de Sinuosidade variou entre 1,32 e 2,18, caracterizando trilhas tipicamente não lineares que, embora, aumente a área de vegetação removida e perturbada diante da eventual implantação destas trilhas,

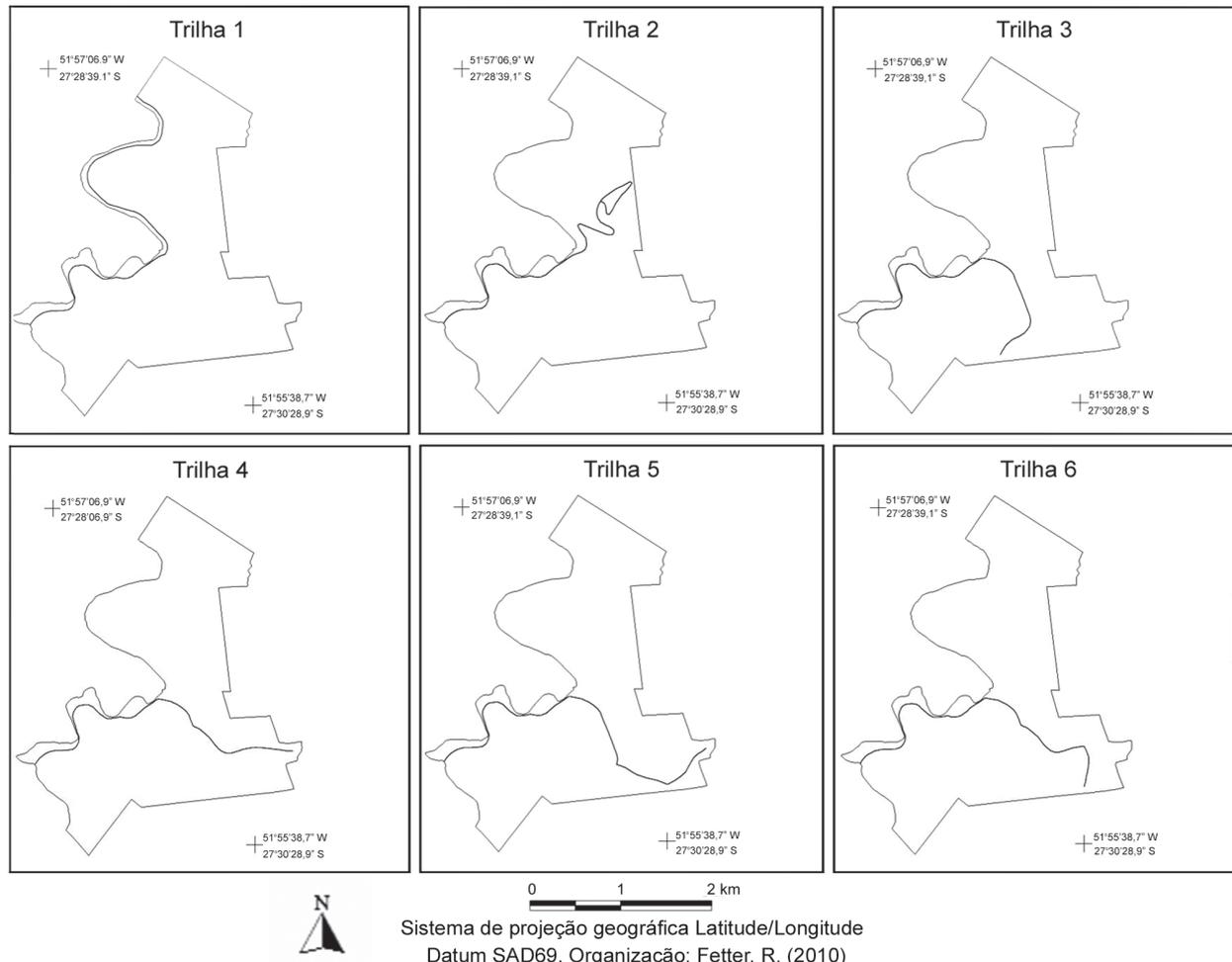


Figura 2. Trilhas definidas para o Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares para análises de visibilidade da paisagem baseadas em *Viewsheds*.

contribui na amenização da dificuldade dos trajetos decorrente do efeito das rampas declivosas e do terreno acidentado (encostas, vertentes bases e topos de morros). Além disso, facilita a observação de uma maior diversidade de ambientes do PNMTS.

Os percursos variam entre 3.321 e 4.783 m (30% de diferença entre o maior e o menor) e têm pouco efeito sobre o grau de dificuldade de caminhada, sendo as trilhas 1 e 2 de menores níveis de dificuldade, as trilhas 3, 4 e 5 de dificuldade intermediária e a trilha 6 de maior

Tabela 1. Características individuais das trilhas do Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares.

| Trilha | Percurso (km) | Índice de sinuosidade ¹ | Elevação Média (m) | Declividade Média (%) | Duração da caminhada ² (hh:mm) | Duração caminhada em galeria ^{2,3} (hh:mm) | Percurso fora de galeria ³ (%) | Superfície em terra (%) | Superfície com ferrovia (%) | Grau de dificuldade ⁴ |
|--------|---------------|------------------------------------|--------------------|-----------------------|---|---|---|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 4.784 | 1,82 | 382,81 | 14,4 | 2:45 | 0:19 | 87,93 | 0,0 | 100,0 | + |
| 2 | 4.221 | 2,04 | 445,48 | 25,8 | 2:25 | 1:02 | 56,84 | 51,7 | 48,3 | ++++ |
| 3 | 3.321 | 2,18 | 421,84 | 23,5 | 1:54 | 0:30 | 73,27 | 42,4 | 57,6 | +++ |
| 4 | 3.592 | 1,32 | 437,99 | 23,7 | 2:04 | 0:36 | 70,58 | 46,8 | 53,2 | +++ |
| 5 | 4.021 | 1,48 | 441,25 | 23,3 | 2:18 | 0:36 | 73,86 | 52,4 | 47,6 | +++ |
| 6 | 3.626 | 1,56 | 442,99 | 22,2 | 2:05 | 0:36 | 70,86 | 47,3 | 52,7 | ++ |

1. O índice de sinuosidade é a razão entre o comprimento do percurso e a distância, em linha reta, entre início o final da trilha.

2. A duração da caminhada tem base numa velocidade média de 1,74 km/h.

3. Percurso em galeria indica trechos de trilha que cruzam florestas, onde se espera menor incidência direta da luz solar, contudo menor visibilidade da paisagem circundante devido à barreira da vegetação.

4. O grau de dificuldade é uma grandeza ordinal relacionada ao comprimento da trilha e a sua declividade média.

Tabela 2. Área visível por tipo de biótopo e índices de diversidade visual da paisagem em cada trilha analisada do Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares.

| Área visível por tipo de biótopo (ha) | Trilha 1 | Trilha 2 | Trilha 3 | Trilha 4 | Trilha 5 | Trilha 6 |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Capoeirão | 34,60 | 27,44 | 25,76 | 27,04 | 30,39 | 25,01 |
| Capoeira | 77,53 | 71,82 | 71,43 | 74,95 | 73,18 | 72,46 |
| Sistema de transporte | 6,77 | 4,31 | 4,32 | 4,78 | 4,54 | 4,77 |
| Floresta | 123,24 | 94,34 | 137,58 | 142,99 | 140,24 | 143,81 |
| Vegetação exótica ou silvicultura | 7,66 | 8,01 | 10,64 | 13,01 | 11,28 | 13,01 |
| Lâmina d'água | 3,75 | 2,07 | 2,00 | 2,11 | 2,08 | 2,12 |
| Área agrícola | 0 | 0 | 0,27 | 0,33 | 0,26 | 0,25 |
| Total | 253,55 | 208,00 | 251,99 | 265,20 | 261,99 | 261,43 |
| Índices de diversidade | | | | | | |
| Riqueza de habitats (s) | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Índice de diversidade de Shannon (H') | 1,250 | 1,245 | 1,170 | 1,190 | 1,192 | 1,177 |
| Índice de uniformidade de Pielou (e) | 64,2 | 64,1 | 60,1 | 61,2 | 61,2 | 60,5 |

dificuldade.

Um trecho de 1.912 m é comum a todas as trilhas (Fig. 3), o qual segue uma parte da ferrovia à beira do lajeado Teixeira Soares. Este trecho contribui para um maior valor cênico propiciado pela proximidade ao recurso hídrico, que é potencializado por exigir menor atenção do visitante em função do relevo plano e percurso suave. Este trecho, dada sua proximidade à portaria do PNMTS, também representa a possibilidade da realização parcial de qualquer uma das trilhas, que viabiliza a contemplação àquelas pessoas com maiores limitações de locomoção. Os perfis topográficos e clinográficos das seis trilhas (Fig. 3) também indicam um

início menos declivoso e um final mais acidentado.

Considerando que o visitante deva fazer o dobro do percurso, correspondendo à ida e à volta pela mesma trilha, exceto para a trilha 1 as caminhadas caracterizam-se pelo menor grau de dificuldade no início e final e maior dificuldade no trecho intermediário. Assim a escolha por realizar a trilha parcialmente, evitando trechos mais declivosos, por um visitante que se sinta limitado fisicamente durante as etapas intermediárias do percurso, viabiliza seu rápido e fácil retorno à portaria do PNMTS, até mesmo devido ao trecho inicial, comum a todas as trilhas (1.912 m), apresentar uma declividade média de 14,18% (8,32°) considerada de

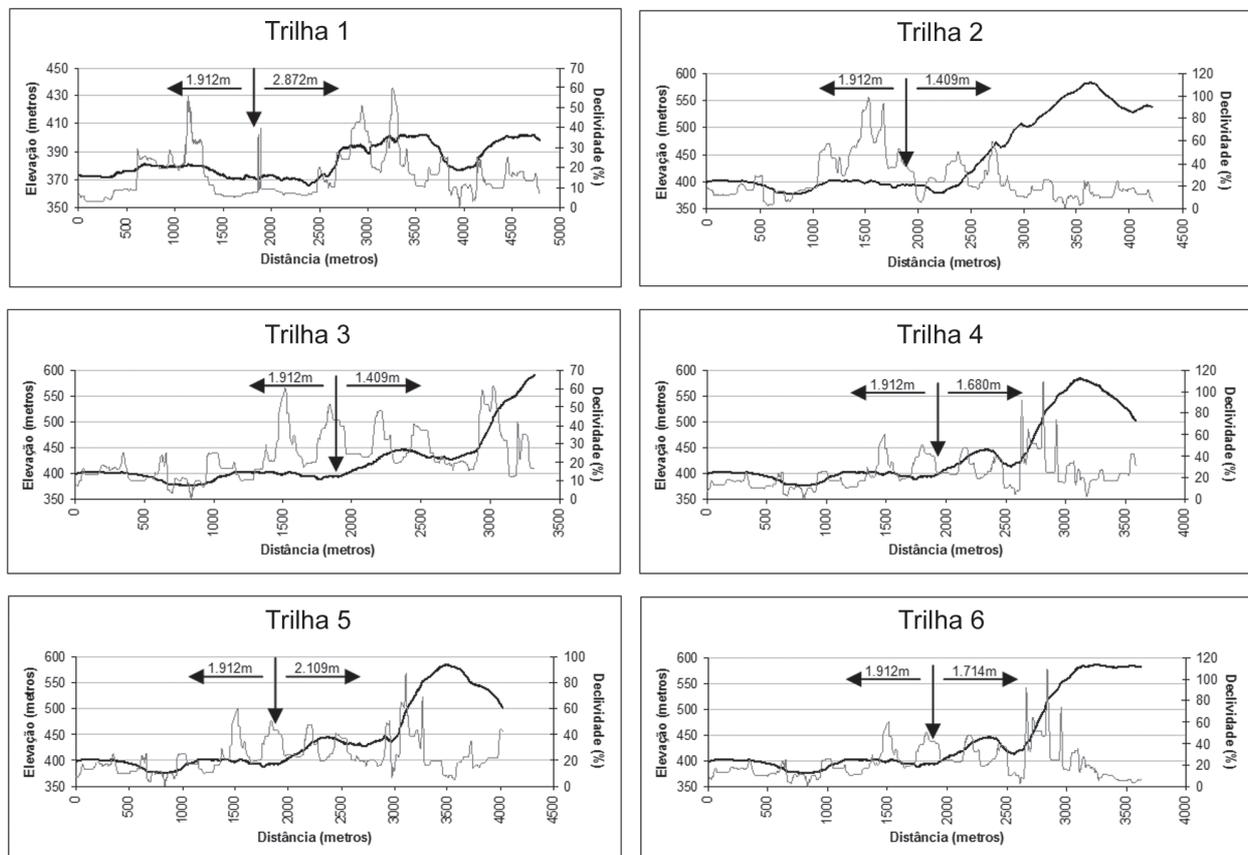


Figura 3. Perfil topográfico (linhas escuras) e clinográfico (linhas claras) das trilhas do PNMTS. As setas indicam trechos em comum para as distintas trilhas.

dificuldade baixa. A tabela 2 apresenta a proporção de cada biótopo visível durante o percurso das trilhas e a figura 4 mostra a visibilidade proporcional das mesmas baseadas na análise de *Viewshed*. As trilhas mostram-se distintas entre si, sobretudo as trilhas 2 e 3, que possibilitam uma visibilidade proporcional alta, chegando frequentemente a 50% para uma parcela consideravelmente grande do PNMTS. A idéia de uma visibilidade proporcional mais elevada deve ser analisada sob dois pontos de vista. Inicialmente, significa que uma mesma feição topográfica da paisagem pode ser observada de pontos distintos da trilha, o que confere maior notoriedade à feição em si. Se existe um aspecto positivo na perspectiva do destaque de algumas áreas, isso implica num aspecto negativo em relação a quem experimenta a trilha, em virtude da repetição da cena no seu campo de visão. Na prática, a menor visibilidade relativa implica numa maior diversidade cênica, pois o visitante tem experiências visuais distintas em trechos diferentes da trilha, como é mais notado nas trilhas 1, 4, 5 e 6 (Fig. 4).

Outro aspecto importante na diferenciação das trilhas está na análise da diversidade de habitats visíveis (Tab. 2). As trilhas 1 e 2 apresentam os maiores valores de Uniformidade de Pielou (64,2 e 64,1% respectivamente). Esta maior uniformidade não tem relação com

a riqueza de habitats visíveis (seis em ambas as trilhas, contra sete nas demais), sendo mais caracterizada pelo Índice de Shannon, igualmente superior nas trilhas 1 e 2 (1,250 e 1,245 respectivamente).

Uma análise integrada das principais características das trilhas (Fig. 5) mostra que a Trilha 1 se destaca das demais por possuir maior comprimento e menor percurso em galeria, sob um terreno mais baixo, pouco acidentado e com maior índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou. A trilha 2, localizada em interflúvios, é a que apresenta maior tempo de caminhada em mata de galeria (à sombra), maior declividade (25,8%) o que lhe confere um potencial de visualização mais constante de determinadas áreas, como os ambientes de encostas e os topos de morros e que permite a visualização de uma área menor dentro do parque e o maior grau de dificuldade quando comparada às demais. As trilhas 3, 4, 5 e 6 são as que apresentam maior similaridade entre si, com os menores índices de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou, os menores tempos de duração de caminhada (mais curtas) e menos sinuosos.

Grande parte das pesquisas em *Viewshed* são focados nos algoritmos e na avaliação da precisão de intervisibilidade de características na paisagem (De Florian, & Magillo 1999). A sua utilização em termos de planeja-

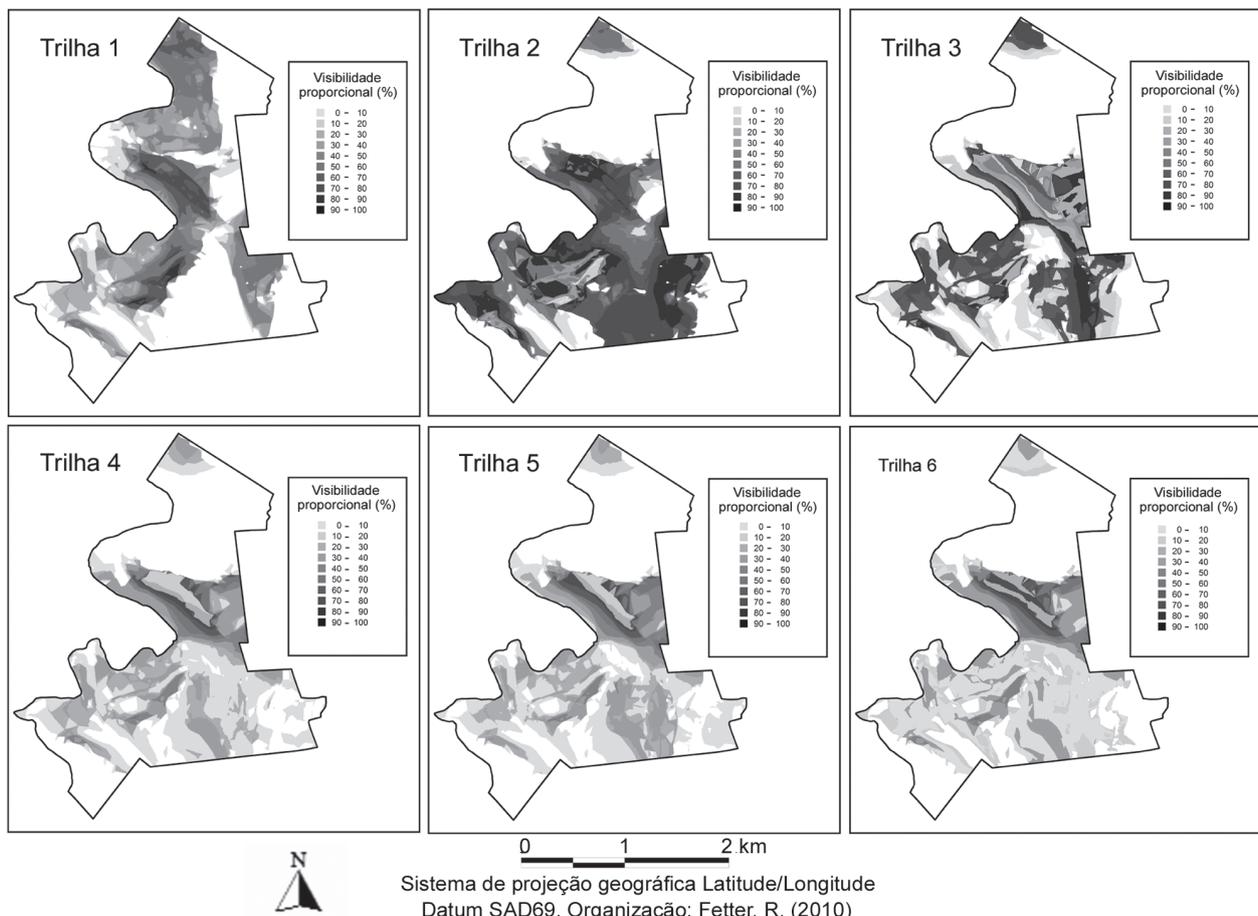


Figura 4. *Viewsheds* das trilhas propostas para o PNMTS. A visibilidade é quantificada em termos proporcionais, de forma que um valor de 0% indica áreas não visíveis pelos visitantes durante o percurso, e valores de 100% indicam áreas visíveis ao longo de todo o trajeto.

mento e avaliação de trilhas ainda não foi apropriadamente incorporada pelos gestores e equipes de planejamento de áreas protegidas. A maioria das aplicações são voltadas a problemas de otimização que visam testar a funcionalidade de um sistema para verificar se a localização dos elementos na paisagem está apropriada (Kay & Sly 2001), como determinar o número de torres de telefonia celular necessárias para cobrir uma região (Ben-Moshe *et al.* 2007, Bepamyatnikh *et al.* 2001), otimizar o número e a posição de vigias para cobrir uma região (Franklin & Vogt 2006), planejamento de caminhos, localização de torres de monitoramento de fogo (Wang, *et al.* 1996), proteção de espécies ameaçadas (Camp *et al.* 1997), análise de localizações arqueológicas (Lake *et al.* 1998b, Kay & Sly 2001), avaliação do planejamento ambiental urbano (Lake *et al.* 1998a), dentre outros.

Orientações para a implantação das trilhas no PNMTS

A paisagem visual compreende um quadro topográfico físico que não pode facilmente mudar, contudo existe um conjunto de características de uso e cobertura da terra que pode mudar rapidamente, sendo que as menores mudanças em algumas destas características podem ter um impacto extremamente elevado na paisagem visual (Miller 2001). Adicionalmente, os raios de visibilidade variam extraordinariamente em função das regiões e dos diversos fatores, tais como a transparência da atmosfera, contrastes, topografia, vegetação, entre outros (Buck 1938, Bruce 1941, Chandler *et al.* 1983, Fao 2001, Tschan *et al.* 2000). Estes aspectos são

fundamentais para a tomada de decisão sobre a abertura de trilhas no PNMTS, visto que a dinâmica da sua implementação deverá considerar a existência de atributos da paisagem com distintas dinâmicas no tempo. Considerando o tamanho relativamente pequeno do PNMTS, as seis trilhas analisadas proporcionam um *Viewshed* que contempla grande parte da sua área. Contudo, os nossos resultados sugerem que as trilhas 1 e 2 sejam as primeiras a serem implantadas em função de suas características peculiares e complementares. De forma geral, a implantação apenas destas duas trilhas já viabiliza a experiência do visitante com diferentes biótopos, com visibilidades relativas tanto maiores e quanto menores, seja em terreno plano ou acidentado. Numa segunda etapa, diante do interesse, necessidade e viabilidade de implementação, sugere-se a escolha de uma única trilha adicional dentre as restantes (3, 4, 5 e 6), dada a similaridade entre elas.

A implementação de apenas duas trilhas (1 e 2) resultaria numa densidade de trilhas de 19,2 m/ha, contudo a adição de mais uma trilha (3, 4, 5 ou 6) resultaria numa elevação entre 26,3 m/ha (adicionada a trilha 3) e 27,7 m/ha (adicionada a trilha 5). A adição das quatro trilhas restantes não é recomendada, pois resultaria em uma densidade de trilhas de 50,2 m/ha, valor elevado e com potenciais efeitos negativos para a conservação do PNMTS. Nesse caso, as trilhas 4 e 5 seriam as que apresentam maior potencial de área de suporte para atividades diversificadas pois conduzem os visitantes a uma zona de uso extensivo, segundo zoneamento desenvolvido por Fetter (2010), sendo elas as trilhas indicadas

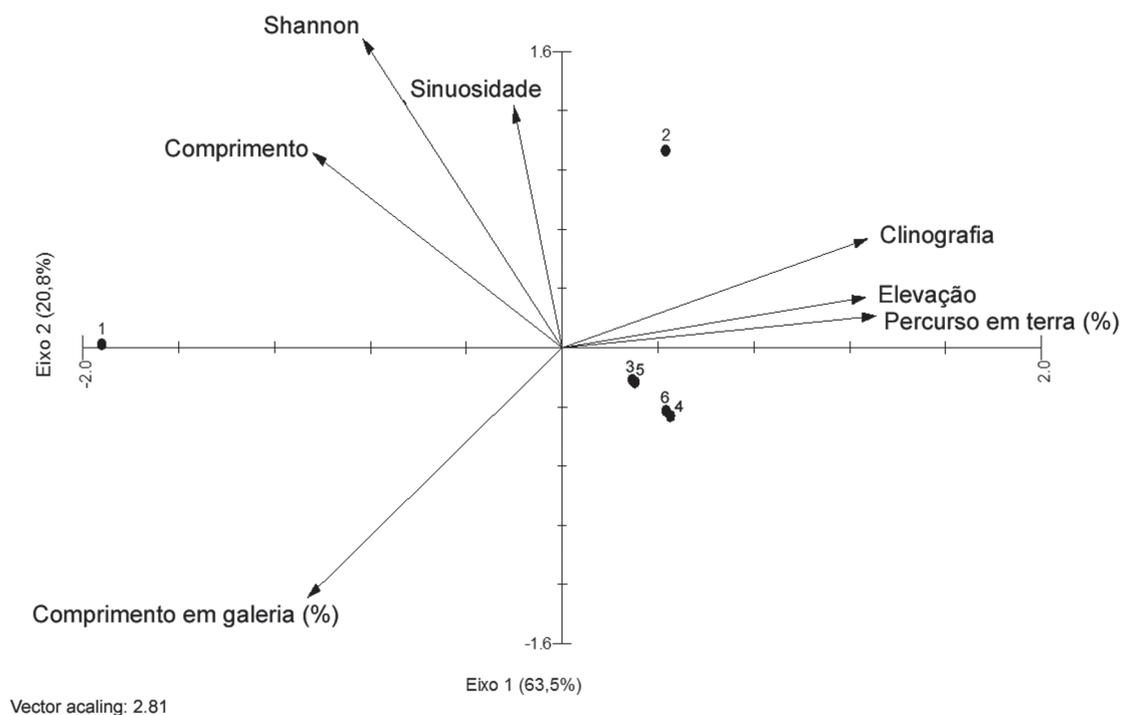


Figura 5. Análise de componentes principais (dados estandardizados e centrados) das características das trilhas desenhadas para o PNMTS. Os números indicam as seis trilhas analisadas.

para serem implantadas num segundo momento.

A escolha entre implantar duas ou três trilhas no PNMTS também dependerá de uma análise da demanda gerada pelo público nesta Unidade de Conservação da Natureza. Uma menor densidade de trilhas, apesar de desejável do ponto de vista da menor perturbação à vegetação e à fauna, poderia ser inadequada num possível cenário caracterizado por uma maior densidade de visitantes por trilha. Tais efeitos poderiam ser sentidos pela compactação excessiva do solo ou pelo alargamento das trilhas. Neste caso, a implantação de uma terceira trilha poderia compatibilizar um maior número de visitantes, num maior número de trilhas e dentro de uma perspectiva que atenda à capacidade de suporte individual para cada trilha. Neste sentido, estudos de capacidade de suporte devem ser priorizados anteriormente à implantação das trilhas e sua validação deve ser concomitante à implementação do turismo de visitação no local, bem como a ampliação do usufruto como área de lazer pela própria população local.

CONCLUSÃO

Os resultados aqui apresentados estabelecem alguns parâmetros importantes para a implantação e gestão do turismo de visitação no PNMTS num futuro próximo. A partir do estudo de caso apresentado, procurou-se apresentar as vantagens do uso de geotecnologias na avaliação de trilhas, tanto quanto à sua geometria como sua localização, como forma de promover maior racionalidade na gestão de áreas protegidas com vistas ao ordenamento da visitação e incremento do turismo. Neste contexto, foi dado destaque à técnica de *Viewshed*. Porém, ainda são necessários outros estudos de caráter complementar, visando refinar as orientações decorrentes da análise de *Viewsheds*. Por exemplo, é fundamental reconhecer o efeito da escala e da distância. Geralmente, os elementos observados pelo observador encontram-se próximos (primeiro plano). Numa escala de distância intermediária pode-se observar o ambiente com menos detalhes, restando ainda um plano de fundo onde predominam vistas panorâmicas e espaços abertos sem o detalhamento visual, mesmo que haja expressiva beleza cênica. Assim, as árvores ou as características qualitativas da vegetação são discerníveis em curtas distâncias e são perceptíveis como unidade florestal a uma distância média. Já, para longas distâncias é possível observar apenas as principais características topográficas como sombras, contrastes, vales, cores e montanhas (Higuchi 1983).

Outro fator importante na fase de implantação de trilhas é o argumento de Parson & Daniel (2002) que destaca a diferença na avaliação da estética cênica e da estética ecológica de uma paisagem ao se tratar de objetivos para a conservação, já que na prática, são formas distintas de apreciar uma paisagem. Pela estética cênica a paisagem é vista passivamente e limita os benefícios gerados às breves mudanças de humor (Gobster 1999) e

leva os gestores a definir estratégias apenas pelo gosto estético (Carlson 1977). No entanto, na estética ecológica, o prazer do encontro é derivado indiretamente, através do conhecimento da saúde do ecossistema, da sustentabilidade, das relações sistêmicas, ou seja, através dos princípios biológicos do manejo de ecossistemas. Neste sentido, é fundamental pensar-se em estratégias que maximizem essas experiências de contemplação da estética cênica e ecológica, por meio de orientações e estímulos do visitante direcionados para esta finalidade. Como essas estratégias recaem no campo da interpretação, educação e comunicação ambiental, é fundamental tomar como referência as Diretrizes para Estratégia Nacional de Comunicação e Educação Ambiental em Unidades de Conservação (MMA 2011). A decisão sobre o uso de guias ou de placas de sinalização para orientar a visitação no PNMTS deve ser tomada pelos gestores a partir de um processo participativo que leve em conta a adequação pedagógica, os benefícios econômicos para a população local, a possibilidade de incorporação do conhecimento local, e a relação custo-benefício e o aumento da receita. Cabe, no entanto, ressaltar que, num cenário ideal, a opção de utilização de guias treinados, além de propiciar renda à população local, representa uma estratégia especialmente importante para que o turismo de visitação de áreas naturais porque a interação dialógica entre o visitante e o guia pode levar este último a desenvolver melhor a contemplação da estética ecológica em adição à contemplação da estética cênica da paisagem. Neste contexto, a visibilidade teria tanto implicações perceptivas sensoriais quanto cognitivas (Wheatley & Gillings 2000).

REFERÊNCIAS

- BEDÊ, L.C., WEBER, M., RESENDE, S.R.O., PIPER, W. & SCHULTE, W. 1997. *Manual para mapeamento de biótopos no Brasil: base para um planejamento ambiental eficiente*. Belo Horizonte: Fundação Alexander Brandt.
- BEN-MOSHE, B., BEN-SHIMOL, Y., BEN-YEHEZKEL, Y. & DVIR, A.M.S. 2007. Automated antenna positioning algorithms for wireless fixed-access networks. *Journal of Heuristics*, 13(3), p. 243-263.
- BESPAMYATNIKH, S., CHEN, Z., WANG, K. & ZHU, B. 2001. On the planar two watch tower problem. In: 7th International Computing and Combinatorics Conference. p. 121-130.
- BRASIL. 2000. LEI No 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>.
- BRUCE, H.D. 1941. Theoretical analysis of smoke-column visibility. *Journal of Agricultural Research*, 62(3): 161-178.
- BUCK, C.C. 1938. Factors influencing the discovery of forest fires by lookout observers. *Journal of Agricultural Research*, 56(4): 259-268.
- CAMP, R.J., SINTON, D.T. & KNIGHT, R.L. 1997. *Viewsheds*: a complementary management approach to buffer zones. *Wildlife Society Bulletin*, 25(3): 612-615.
- CARLSON, A.A. 1977. On the possibility of quantifying scenic beauty. *Landscape Planning*, 4: 131-171.
- CARVALHO, H.D.S & NOLASCO, M.C. 2007. Potencial turístico de antigas trilhas garimpeiras em Igatu, Parque Nacional da Chapada Diamantina-BA. *Global Tourism*, 3: 2.

- CHANDLER, C., CHENEY, P., THOMAS, P., TRABAUD, L. & WILLIAMS, D. 1983. *Fire in forestry: Forest fire management and organization (Vol. II)*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 298 p.
- DANIEL, T.C. 2001. Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landscape Urban Planning*, 54: 267-281.
- DE FOLRIANI, L. & MAGILLO, P. 1999. Intervisibilidade in terrains. In: LONGLEY, P.A., GOOCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J. & RHIND, D.W. (Eds), *Geographical Informations Systems*. New York: Wiley. p. 543-556.
- DE FLORIANI, L. & MAGILLO, P. 2003. Algorithms for visibility computation on terrains: a survey. *Environment and Planning B. Planning and Design*, 30(5): 709-728.
- DECANINI, M.M.S. 2001. SIG no planejamento de trilhas no Parque Estadual de Campos do Jordão. *Revista Brasileira de Cartografia*, 53: 97-110.
- FAO. 2001. La detección. In: *Guide Technique International. Protection des forêts contre l'incendie - Fiches techniques pour les pays du bassin méditerranéen*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). p. 71-76.
- FETTER, R. 2010. *Planejamento do uso turístico do Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares - Marcelino Ramos/RS: valoração, zoneamento e impactos ambientais*. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, campus de Erechim. 2010.
- FETTER, R. & HENKE-OLIVEIRA, C. 2010. Mapeamento e diagnóstico ambiental do Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares (Marcelino Ramos, RS). In: SANTOS, J.E. ZANIN, E.M. & MOSCHINI, L.E. (Orgs.). *Faces da Polissemia da Paisagem*. p. 153-178.
- FRANKLIN, W.R. & RAY, C. 1994. Higher isn't necessarily better - visibility algorithms and experiments. In: 6th Symposium on Spatial Data Handling, Edinburgh, Scotland.
- FRANKLIN, W.R. & VOGT, C. 2006. Tradeoffs when multiple observer siting on large terrain cells. In: RIEDL, A., KAINZ, W. & ELMES, G. (Eds.) *Progress in spatial data handling: 12th international symposium on spatial data handling*. Viena: Springer. p. 845-861.
- GOBSTER, P.H. 1999. An ecological aesthetic for forest landscape management. *Landscape Journal*, 18(1): 54-64.
- HIGUCHI, T. 1983. *The Visual and Spatial Structure of Landscapes*. Cambridge: MIT Press.
- KAUCIC, B. & ZALIK, B. 2008. *Comparison of Viewshed Algorithms on Regular Spaced Points*. Slovenia: University of Maribor.
- KAY, S. & SLY, T. 2001. An application of cumulative *Viewshed* analysis to a medieval archaeological study: the beacon system of the isle of wight, united kingdom. *Archeologia e Calcolatori*, 12: 167-179.
- LAKE, I. R., LOVETT, A.A., BATEMAN, I.J. & LANGFORD, I.H. 1998a. Modelling environmental influences on property prices in an urban environment. *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(2): 121-136.
- LAKE, M.W., WOODMAN, P.E. & MITHEN, S.J. 1998b. Tailoring GIS software for archaeological applications: an example concerning *Viewshed* analysis. *Journal of Archaeological Science*, 25: 27-38.
- MAGRO, T.C. & FREIXÉDAS, M. 1998. Trilhas: como facilitar a seleção de pontos interpretativos. *Circular técnica IPEF*, 186.
- MCGARIGAL, K. & MARKS, B. 1995. Fragstat - ARC. Fragstats Manual. Disponível em: <<http://www.innovativegis.com/products/fragstat-sarc/manual/index.html>>. Acesso em: 8 fe 2010.
- METZGER, J.P. 2001. O que é Ecologia de Paisagens? *Biota Neotropica*, 1(1): 1-9.
- MILLER, D. 2001. A method for estimating changes in the visibility of land cover. *Landscape and Urban Planning*. 54: 91-104.
- MMA. 2011. *Diretrizes para Estratégia Nacional de Comunicação e Educação Ambiental em Unidades de Conservação*. Brasília: MMA. 48 p.
- NAKAMAE, E., QIN, X. & TADAMURA, K. 2001. Rendering of landscapes for environmental assessment. *Landscape and Urban Planning*, 54: 19-32.
- NASSAUER, J.I. 1992. The appearance of ecological systems as a matter of policy. *Landscape Ecology*, 6(4), p. 239-250.
- ORLAND, B., BUDTHIMEDHEE, K. & UUSITALO, J. 2001. Considering virtual worlds as representations of landscape realities and as tools for landscape planning. *Landscape Urban Planning*, 54: 139-148.
- PALIOKAS, I., LAMBADAS, A. & TSEGELIDIS, F. 2007. Virtual reality technology in landscape architecture: a case study. In: ELEF-THERIADIS, N., STYLIADIS, A. & PALIOKAS, I. (Eds.) *International Conference on Landscape Architecture and New Technologies*. Drama: Department of Landscape Architecture, Technological Educational Institute of Kavala. p. 37-53.
- PARSON, R. & DANIEL, T.C. 2002. Good looking: in defense of scenic landscape aesthetics. *Landscape and Urban Planning*, 60: 43-56.
- RAMOS, B. & PANAGOPOULOS, T. 2004. The use of GIS in visual landscape management and visual impact assessment of a quarry in Portugal. In: *8th International Conference on Environment and Mineral Processing*. Ostrava: VSB-Technical University of Ostrava. p. 73-78.
- SCHMID, W.A. 2001. The emerging role of visual resource assessment and visualization. in landscape planning in Switzerland. *Landscape and Urban Planning*, 54: 213-221.
- SHAFER, E.L., HAMILTON JR., J.F. & SCHMIDT, E.A. 1969. Natural resources preferences: a predictive model. *Journal of Leisure Resesach*, 1: 1-19.
- SCHWARTZ, W.R. & PEDRINI, H. 2001. Análise de Visibilidade em Modelos Digitais de Terrenos. *Séries em Ciências Geodésicas*, 1: 333-345.
- TSCHAN A.P., RACZKOWSKI W. & LATALOWA M. 2000. Perception and *Viewsheds*: Are they mutually inclusive? In: LOCK, G. (Ed.). *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*. Amsterdam: IOS Press. p. 28-48.
- WANG, J., GARY J. R. & WHITE, K. 1996. A Fast Solution to Local *Viewshed* Computation Using Grid-Based Digital Elevation Models. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62(10): 1157-1164.
- WHEATLEY D. & GILLINGS M. 2000. Vision, perception and GIS: Developing enriched approaches to the study of archaeological visibility. In: LOCK, G. (Ed.). *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*. Amsterdam: IOS Press. p. 1-27.
- ZUBE, E.H. 1980. *Environmental Evaluation: Perception and Public Policy*. Belmont: Wadsworth Inc.