

# **ABORDAGEM METODOLÓGICA DE ANÁLISES ESPACIAIS APLICADAS AO ENSINO DE CARTOGRAFIA PARA AS CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**Sônia de Souza Ferreira**  
**Maura Neves Coutinho**  
**Laura Fazito Resende Antunes Teixeira**  
**Ana Clara Mourão Moura**  
**Instituto de Geociências**  
**Departamento de Geografia**

Av. Antônio Carlos, 6.627 Pampulha - 31270-901 Belo Horizonte - MG - tel 3499.5420 fax 3499.5410

## **RESUMO**

Este artigo tem o objetivo de apresentar uma abordagem metodológica de análise espacial com utilização da técnica de Análise de Multicritérios no ensino de cartografia. Tal análise baseia-se no cruzamento de variáveis a partir da atribuição de pesos às variáveis e notas aos seus componentes de legenda, empregando-se em geral a média ponderada. Com o intuito de apresentar a viabilidade técnica realizou-se de maneira simplificada uma análise espacial no município de Belo Horizonte obtida a partir do cruzamento de um conjunto de variáveis utilizando como ferramenta de apoio o software Excel. Os resultados mostraram que os procedimentos metodológicos utilizados são de fácil compreensão e aplicação, principalmente considerando a possibilidade de sua realização tanto em meio analógico como em meio digital. Desta forma, a abordagem metodológica aplicada neste trabalho constitui uma interessante ferramenta didática ao ensino de cartografia para as áreas que utilizam análise espacial de fenômenos, como a geografia, biologia e outras, em especial na obtenção de diagnósticos de potenciais de elementos espacialmente distribuídos.

Palavras chaves: ensino de cartografia, análise de multicritérios, análise espacial, Belo Horizonte

## **ABSTRACT**

This article has the objective to present a methodological approach of spatial analyses, with the use of the technique of multi criteria analyses in the teaching of cartography. Such analysis is based on the crossing of variables based on attribution of weights to the variables and notes to its legend components using in general pondered average. With the intention to present this technical viability an spatial analysis was performed in the city of Belo Horizonte taken from the crossing of a set of variables using the Excel software as tool. The results showed that the methodological procedures used are easily understanding and applied, concerning the possibility of its accomplishment in such an analogical as in a digital way. This way, the methodological approach applied on this work constitutes an interesting didactic tool to the teaching of cartography to the areas that use spatial analysis of phenomena, like geography, biology and others, in special in the diagnosis attainment of potentials of elements spatially distributed.

Keywords: teaching of cartography, multi criteria analyses, spatial analyses, Belo Horizonte

## **1 INTRODUÇÃO**

O ensino de cartografia se tornou pauta de discussões em muitos congressos de caráter nacional e internacional, sendo que muitos pesquisadores tem se debruçado sobre o tema. Isto resulta não apenas da mudança nas concepções sobre educação, mas também do reconhecimento da importância da cartografia para diversas áreas do conhecimento. Segundo Moura (1997), isto se deve ao processo de globalização que vem colocando a variável espaço como fundamental na nova percepção de mundo.

Embora as formas de conhecimento do espaço, do território, através das representações cartográficas sejam muito antigas, sua importância estava restrita como meio de localização e conhecimento do território. Registros históricos mostram que a localização e o conhecimento do território eram os atributos mais valorizados desse tipo de representação, que constitui a cartografia de base.

Com o tempo, a essa cartografia de base foram sendo incorporadas novas formas de

representação que constituindo o que hoje denominamos cartografia temática. Segundo Martinelli (2005, p.51) “o grande agente motivador do desabrochar desse novo campo da cartografia foi o florescimento e a sistematização dos diferentes ramos de estudos operados com a divisão do trabalho científico, do fim do século XVIII e início do século XIX”. A partir daí há um rompimento de esquemas clássicos de mapeamentos baseados em registros topográficos e hidrográficos, ou seja, os mapas deixam de responder apenas à questão “onde?” para dar maiores informações sobre características dos lugares ou ainda estabelecer relações analíticas e/ou sintéticas sobre essas propriedades.

Considerando a relevância do tema, faz-se necessário que se estabeleçam discussões sobre o ensino dessa cartografia, principalmente nos cursos de nível superior. Não se trata de restringir o ensino da cartografia temática às universidades. Evidentemente, alguma introdução pode ser dada no nível médio. No entanto, seu aprofundamento deve se dar no ensino superior, principalmente para as ciências de caráter espacial e/ou ambiental, tais como a geografia, geologia, arquitetura, dentre outras. Isto constitui um desafio visto que muito se discute sobre o ensino fundamental e médio e menos sobre o superior. No entanto, é neste último que se formam os professores do fundamental e médio e também os profissionais que vão trabalhar com esta área.

Francischett (2001) mostra que apesar de vários pesquisadores voltarem sua atenção para o ensino da cartografia, poucos atentam para o ensino superior. Segundo a autora, “a metodologia de ensino continua sendo o grande e relevante problema enfrentado com quem estuda e trabalha nesse nível de ensino” (Francischett, 2001 p. 37).

Martinelli (2005) faz uma abordagem do ensino da cartografia temática nos cursos superiores, enfatizando a geografia. De acordo com sua análise, o ensino depende do aprendizado de premissas básicas tais como a representação gráfica, o estudo das variáveis visuais, as formas de manifestação do fenômeno, etc. Faz ainda considerações sobre as representações analíticas, que abordam temas considerando seus elementos constitutivos e representações sintéticas, que abordam temas como a fusão de elementos constitutivos em tipos, o que significa a identificação de “agrupamentos de lugares caracterizados por agrupamentos de atributos” (Martinelli, op. cit, p. 65)

Segundo Francischett (2001) o maior desafio para os professores de cartografia está na prática. De fato, é necessário que se estabeleçam procedimentos didáticos que favoreçam não só a compreensão como também o interesse dos alunos pela cartografia.

Em função disso, o presente artigo tem o objetivo de discutir a utilização da análise espacial inserida nas representações cartográficas, dando ênfase para a Análise de Multicritérios como procedimento metodológico facilmente aplicável ao ensino de cartografia temática. Com o intuito de demonstrar a aplicabilidade didática das técnicas de análise espacial este trabalho apresenta o procedimento metodológico utilizado na geração de mapas potenciais para proteção ambiental e implantação de aterro sanitário no município de Belo Horizonte. Apresenta ainda a espacialização desses resultados em mapa síntese de conflitos entre os dois potenciais.

## 2 ANÁLISES ESPACIAIS. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE DE MULTICRITÉRIOS

As análises espaciais tem sido, nas últimas décadas, cada vez mais requisitadas pela comunidade em geral como ferramenta para a obtenção de diagnósticos ambientais e urbanos, principalmente a partir do desenvolvimento das geotecnologias. Deve-se considerar que as novas tecnologias permitiram a sua difusão em função da facilidade com que os procedimentos são realizados, mas há toda uma teoria que deve ser compreendida antes da utilização desenfreada dos novos softwares. Nesse sentido, cabe ressaltar que as análises espaciais podem ser realizadas segundo diversos procedimentos metodológicos, tal como a Análise de Multicritérios que será aqui discutida.

A análise de Multicritérios constitui um procedimento metodológico baseado no cruzamento de variáveis, amplamente utilizado nas análises espaciais. Segundo Moura (2007), tal procedimento é realizado a partir do mapeamento de variáveis por planos de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de seus respectivos componentes de legenda. Há diferentes procedimentos para a definição desses graus de pertinência, que vão desde o conhecimento especialista sobre o fenômeno e o ambiente, a aplicação de técnicas de maximização de consenso (como o método Delphi), até procedimentos mais complexos, como é o caso da aplicação da lógica Fuzzy. Esta lógica, também conhecida como lógica nebulosa, segundo Moura (1993, p. 28):

“é um sistema matemático para a manipulação de descrições imprecisas. Contra as relações binárias, do sim ou não, propõe a interpretação da realidade como um conjunto em que os membros têm graus de pertinência. Esses graus são dados por valores arbitrários que dependem de diferentes pontos de vista do contexto, sendo interessante contar com as opiniões de diferentes

especialistas. É, como, se entre o “sim” e o “não” fosse inserido um “pode ser” que depende de uma série de outras condições e que, por sua vez, levaria a outras conclusões.”

Ainda de acordo com a autora, uma opção interessante é a definição dos graus de pertinência através do método *Delphi*, ou seja, através de consultas a um grupo multidisciplinar de especialistas no fenômeno estudado.

Algumas vantagens podem ser reconhecidas a partir da utilização da análise de multicritérios. Uma delas está associada à consideração da natureza contínua das variáveis, já que a natureza binária (sim ou não) é pouco adaptável a situações reais. Outra vantagem pode ser atribuída à caracterização de situações vigentes através da espacialização das informações, cálculos de suas extensões territoriais de ocorrência, identificação das alterações espaciais ao longo do tempo e verificação da combinação de variáveis que caracterizam determinado fenômeno. Por fim, ressalta-se a possibilidade de predições de situações futuras, através da geração de potenciais a partir da combinação entre as variáveis. (Moura, 2007).

Em função dessas características a análise pode nortear o planejamento e, portanto, as ações numa dada territorialidade num dado tempo.

Por fim, a análise de multicritérios vem sendo bastante utilizada no geoprocessamento justamente por se basear na lógica de construção de um SIG Matricial. No entanto, vale ressaltar que é uma técnica que não se restringe ao meio digital, podendo ser facilmente aplicável em meio analógico, o que a favorece como procedimento didático voltado para o ensino de cartografia nas ciências ambientais, como mostrado neste trabalho.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise espacial aqui proposta foi baseada em duas etapas. A primeira etapa, de geração de mapas síntese de proteção ambiental e implantação de aterro sanitário, constitui, no âmbito das prospecções ambientais, o que Xavier-da-Silva (2001) chama de *avaliações ambientais diretas*, ou seja, os primeiros resultados obtidos a partir de análises espaciais. A partir desses dois mapas síntese iniciais obteve-se o mapa de conflitos entre proteção ambiental e implantação de aterro sanitário. Esta etapa insere-se, segundo Xavier-da-Silva (op. cit.) nas *avaliações ambientais complexas*, ou seja, sínteses obtidas a partir de avaliações diretas. Todo este procedimento é apresentado de forma geral na árvore de decisões mostrada na figura 1. Em seguida as duas etapas serão descritas detalhadamente.

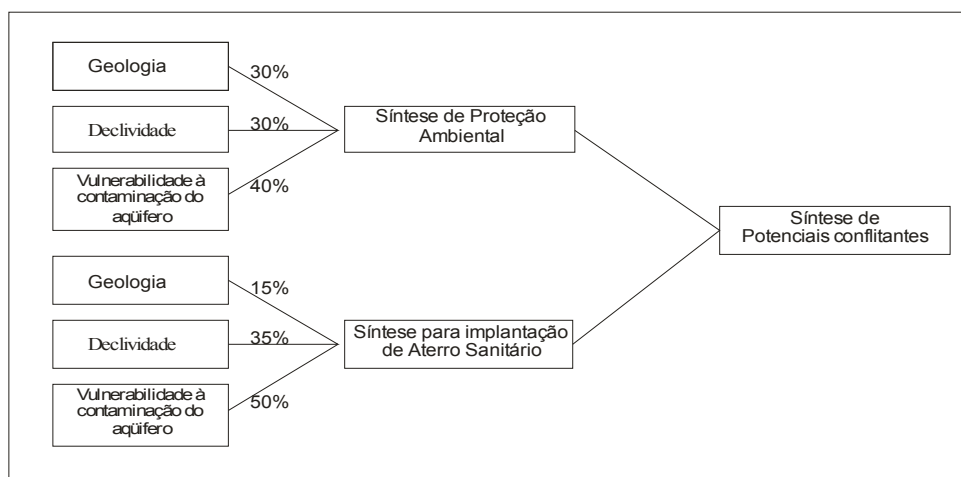


Fig. 1: Árvore de decisões para geração de prospecção ambiental

A obtenção dos potenciais de implantação de aterro sanitário e de proteção ambiental levou em consideração a escolha de três variáveis: geologia, vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas e declividades.<sup>1</sup> Outros fatores, tais como a ocupação

do solo e o risco geotécnico seriam igualmente relevantes para a análise, mas não dispúnhamos destes dados. Tendo em vista um procedimento didático, a escala dos mapas foi reduzida para que o mapa ganhasse a dimensão de um papel tamanho A4. Em função disso, foi realizada a generalização das legendas dos referidos mapas em virtude do número de componentes existentes (principalmente no mapa geológico), visto que a escala de detalhe tornaria o trabalho muito complexo e desnecessário tendo em vista que os objetivos são apenas didáticos e não

<sup>1</sup> Os mapas foram elaborados por Walter Duarte Costa e apresentados como tese de doutorado no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo em 2002. A escala de origem desses mapas é de 1:25.000 e a de plotagem se aproxima de 1:140.000 e a projeção é SAD69 fuso 23S, sendo que as coordenadas de canto são 598000x7781000 e 620000x7813000.

voltados para o Planejamento Urbano propriamente dito. Desta forma, foram realizadas as seguintes generalizações: Mapa Geológico (Sedimentos, Filito, Quartzito e Granito-Gnaiss); Mapa de Declividades (não houve generalização); Mapa de Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas (Baixa; Média; Alta e Extrema).

Seguindo a metodologia de análise de multicritérios, cada variável recebeu um peso e cada componente de legenda uma nota, como apresentados pela tabela 1. Esta foi a fase mais difícil do trabalho porque envolveu um análise quantitativa de fenômenos qualitativos, cujos pesos e notas foram responsáveis pelo resultado final. Vale lembrar que foi realizada uma consulta a profissionais da área no estabelecimento dos graus de pertinência.

TABELA 1 – DISTRIBUIÇÃO DE PESOS E NOTAS CONFORME A LÓGICA FUZZY

Variáveis	Objetivos conflitantes			
	Necessidade Proteção Ambiental		Implantação de aterro sanitário	
	Pesos	Notas	Pesos	Notas
Geologia	30%		15%	
Filito		10		2
Quartzito		7		5
Granito-Gnaiss		0		10
Declividade(%)	30%		35%	
0-5		10		10
5-10		0		10
11-20		2		8
21-50		8		4
Vulnerabilidade	40%		50%	
Baixa		1		10
Média		5		8
Alta		9		2
Extrema		10		0

Após a atribuição de pesos e notas para as variáveis temáticas, passou-se a parte prática. Realizou-se inicialmente a discretização de todos os mapas temáticos em *pixels* de 1cm x 1cm, ou seja, 1,4 km x 1,4 km na escala do mapa. Evidentemente o tamanho do *pixel* não segue o padrão de exatidão cartográfica (PEC), cujos 0,2mm na escala do mapa deveria corresponder a 28 metros. No entanto, como não trabalhamos em formato digital e considerando a proposta de procedimento didático considerou-se adequado o tamanho do *pixel*.

A cada *pixel* foi atribuída uma nota em função do objetivo (proteção ambiental ou implantação de aterro), do mapa temático e da variável analisada considerando o seu predomínio. Esta etapa resultou em um conjunto de 6 tabelas de notas espacializadas de acordo com os critérios supracitados.

O passo seguinte foi a realização do cruzamento *pixel a pixel* utilizando o método de “Análise de Multicritérios”, através da média ponderada. O resultado foi a obtenção de novas notas para cada *pixel*, as quais foram então agrupadas em cinco classes. Para o mapa de Necessidade de Proteção Ambiental foram consideradas as seguintes classes: Baixa (notas de 2 a 2,9); Médio a baixo (notas de 3 a 4,9); Médio (notas de 5 a 7); Médio a alto (notas de 7,1 a 8,9) e Alto (notas de 9 a 10). Para o mapa de Potencial de Implantação de Aterro Sanitário foram consideradas as seguintes classes: Baixa (notas de 0 a 1,9); Médio a baixo (notas de 2 a 3,9); Médio (notas de 4 a 7); Médio a alto (notas de 7,1 a 8,9) e Alto (notas de 9 a 10). Também foram selecionadas cores que promovessem a noção de ordem sem perder a noção de diferença entre as classes. Assim foram escolhidas cores mais frias para as notas mais baixas e cores quentes para as notas mais altas: baixos potenciais, em

azul; médio a baixo, em verde; médio, em amarelo; médio a alto, em laranja e alto, em vermelho. Esta etapa foi realizada utilizando o Software Excel para realizar os cálculos e a composição de cores das legendas dos mapas.

A última etapa constituiu no cruzamento *pixel a pixel* entre os mapas-síntese de necessidade ambiental e implantação de aterro sanitário, gerando um mapa de interesses conflitantes. Este cruzamento foi realizado tendo como referência os cruzamentos realizados na Tabela 2.

TABELA 2 – MATRIZ DE INTERESSES CONFLITANTES

Proteção Ambiental	Potencial de Implantação de aterro sanitário				
	A	AM	M	MB	B
A					
AM					
M					
MB					
B					

	Sem conflito
	Sem conflito com alta necessidade de proteção ambiental
	Baixo conflito com predomínio de proteção ambiental
	Médio conflito sem predomínio claro
	Baixo conflito com predomínio de implantação de aterro
	Sem conflito com alto potencial de implantação de aterro
	Interesses altamente conflitantes

#### 4 RESULTADOS

Os mapas resultantes (figura 2) mostram que a análise realizada neste trabalho foi satisfatória já que áreas onde a necessidade de proteção ambiental é alta são correspondidas por áreas com baixo potencial de implantação de aterro sanitário e vice-versa. O mapa de síntese de proteção ambiental indica que as áreas mais críticas em termos proteção localizam-se na porção sul do município. De fato, observando a realidade do município essas são áreas onde ocorrem os maiores problemas não apenas em termos de susceptibilidade à

degradação do ambiente físico, mas principalmente considerando a presença de aglomerações urbanas, que tendem a potencializar o risco ou a vulnerabilidade ambiental, tal como abordado por Macedo e Umbelino (2007). Já na porção norte do município estão localizadas as áreas com menor necessidade de proteção, segundo a análise feita. Isto não significa que esta região não necessita de proteção, mas apenas que comparativamente ela recebe as menores notas indicando um menor potencial para proteção.

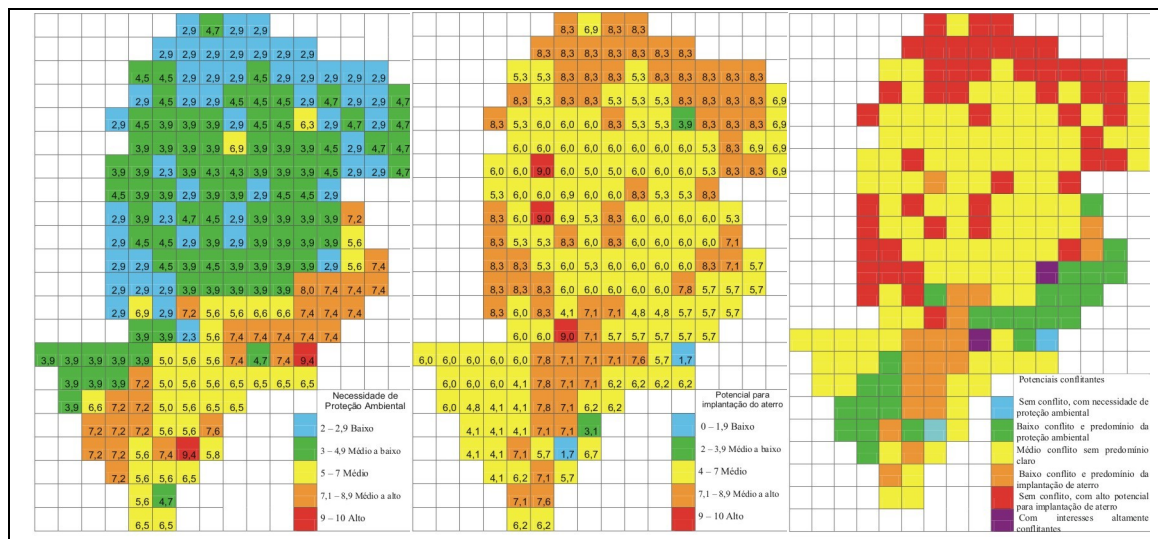


Fig. 2 – Mapas síntese de Necessidade de proteção ambiental, Implantação de aterro sanitário e Espacialização de interesses conflitantes

O mapa de Potencial de implantação de aterro sanitário apresenta uma situação média para quase todo município, uma situação média a alta para uma porção significativa e apenas uma pequena porção

apresenta alto potencial, coincidindo com as áreas de baixa necessidade de proteção ambiental. Esta situação mediana é compensada pelo mapa final que mostra uma distribuição interessante de áreas que podem ser

destinadas à implantação de aterro sanitário e que no mapa anterior haviam sido indicadas como áreas de médio a alto potencial, sendo que há correspondência dessas áreas com baixa necessidade de proteção ambiental. As áreas em vermelho e laranja indicam as áreas mais propícias à implantação de aterro ao passo que aquelas em azul e verde indicam maior predomínio da proteção ambiental. Já as manchas em amarelo indicam uma situação mediana onde não há predomínio claro, correspondendo a setores onde o poder público poderia atuar de forma mais autônoma. Outra situação interessante é apresentada pelas manchas em roxo, sinalizando para áreas com interesses altamente conflitantes, ou seja, há necessidade de proteção, porém constituem áreas com potencial para implantação de aterro.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados, com certo limite, mostraram que as análises espaciais, em especial a Análise de Multicritérios, constituem uma ferramenta de apoio às atividades de planejamento, uma vez que ela possibilita a tradução de elementos constitutivos do território, sejam físicos ou humanos, em mapas de síntese que caracterizam a realidade espacial de forma direta ou complexa. Vale ressaltar que os limites destes resultados estão associados a uma escala de pouco detalhamento e a uma análise com poucas variáveis, tendo em vista um procedimento didático. Outras variáveis, tais como risco geotécnico, acessibilidade, infra-estrutura, valor da terra, vias e uso do solo, dentre outras, poderiam ser utilizadas de forma a fornecer melhores resultados que subsidiassem o planejamento de fato. Todavia, a utilização de escalas maiores e a incorporação de mais variáveis à análise, bem como a utilização do geoprocessamento, tornariam a análise mais complexa do que exigiam os objetivos deste trabalho.

Por fim, este trabalho revelou que a Análise de Multicritérios é uma técnica de fácil compreensão, com grande adaptabilidade ao ensino de diagnósticos espaciais e ambientais e com possibilidade de ser realizada tanto em papel como em arquivos digitais e com apoio do geoprocessamento. Em função disso, os procedimentos metodológicos de multicritérios

constituem uma excelente ferramenta para ensino de cartografia, em especial de análises espaciais.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Francischett. M. N, 2001, A cartografia no ensino de geografia: a aprendizagem mediada, UNESP. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 219 páginas. (Tese de Doutorado). Disponível em: [http://www.biblioteca.unesp.br/bibliotecadigital/document/get.php/865/francischett\\_mn\\_dr\\_prud.pdf](http://www.biblioteca.unesp.br/bibliotecadigital/document/get.php/865/francischett_mn_dr_prud.pdf) Acesso em: 25/07/07

Macedo, D. R. e G. J. M. Umbelino. 2007. Análises do Risco e Vulnerabilidade para ocupação urbana: aplicação metodológica na bacia hidrográfica do ribeirão da Onça – Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG, In Anais do XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Natal – RN, Brasil, pp. 378-391

Martinelli, M. 2005. O ensino da cartografia temática, In Educação geográfica: teorias e práticas docentes (ed) Sônia Castellar, São Paulo, pp. 51-65.

Moura. A. C. M, 1993, Estudo Metodológico de aplicação da cartografia temática às análises urbanas, IGC/UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 210 páginas. (Dissertação de Mestrado)

Moura, A.C.M. 1997. Globalização e metodologias no uso do geoprocessamento: estudos de casos de diferentes abordagens de análises espaciais, In Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, v.1 pp. 50-57

Moura, A.C.M. 2007. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseado em Análise de Multicritérios, In Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis – SC, Brasil, v.1, pp 2899-2906.

Xavier-da-Silva, Jorge. Geoprocessamento para análise ambiental. Rio de Janeiro, J. Xavier-da-Silva, 2001. 227 p.