

GABRIELA PADILHA

MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE IMPACTO AMBIENTAL NO RESERVATÓRIO
DE VOSSOROCA ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Curitiba
Setembro, 2015

GABRIELA PADILHA

MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE IMPACTO AMBIENTAL NO RESERVATÓRIO
DE VOSSOROCA ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geotecnologias com ênfase em Sistemas de Informação Geográfica do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para cumprimento dos créditos em disciplina. Orientador: Prof. Dr. Jorge A. Silva Centeno

Curitiba
Setembro, 2015

RESUMO

Nesta pesquisa foi utilizado o método ERS para o mapeamento do potencial de impacto ambiental em uma área de preservação permanente (APP), utilizando como ferramenta um Sistema de informação Geográfica (SIG). O local de estudo compreende o reservatório de Vossoroca, localizado na área de preservação permanente de Guaratuba. As áreas de influência das principais atividades antrópicas foram processadas em formato raster. O estudo permitiu identificar onde se localizam as áreas de maior potencial de impacto ambiental.

Palavras-chave: Sistema de informação geográfica. Impacto ambiental. Área de influência.

ABSTRACT

The aim of this research is to map the potential of environmental impact in a permanent conservation area using Remote Sensing and Geographic Information Systems. The study area includes the Vossoroca Reservoir in Paraná, South Brazil. The Environmental Risk Surface model (McPearson) was used to evaluate the potential of environmental impact of different land use classes in the study area. First, land use and occupation classes were mapped based on a Geoeye satellite image. Then, the influence area of each class and its respective potential environmental risk were computed in a GIS environment. Finally, this information was combined producing a risk map that enabled to visualize and identify the most affected regions. The study allowed to identify areas where the environmental impact caused by human activities has higher potential.

Keywords: Geographic Information System. Environmental Impact. Influence area.

Sumário

1.INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo Geral	2
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.2 JUSTIFICATIVA	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 IMPACTO AMBIENTAL E O LICENCIAMENTO DE PROJETOS	4
2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	5
2.3 O MÉTODO ENVIRONMENTAL RISK SURFACES (ERS) DE MCPHERSON ET AL (2008)	7
3.METODOLOGIA.....	9
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	9
3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES.....	10
3.3 QUANTIFICAÇÃO DO IMPACTO	11
3.4 REPRESENTAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL ISOLADO.....	12
3.5 REPRESENTAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL COMBINADO	13
4. RESULTADOS	15
4.1 AGRICULTURA.....	15
4.2 ESTRADAS	16
4.3 OCUPAÇÃO HUMANA	17
4.4 RESERVATÓRIO	18
4.5 ANÁLISE TOTAL DO IMPACTO	19
5. CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1.INTRODUÇÃO

Toda atividade humana provoca, em maior ou menor escala, um impacto no ambiente. Conforme a resolução CONAMA n° 01/86, artigo 1°, o impacto ambiental é definido como:

[...] Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:
I – A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
II – As atividades sociais e econômicas;
III – A biota;
IV – As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
V – A qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Alguns autores defendem que o impacto ambiental pode ser considerado uma mudança em um parâmetro do ambiente, em certo período e área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada, o que engloba mudanças negativas e também positivas no ambiente, por exemplo, com relação ao possível desenvolvimento econômico e social (WATHERN, 1998; MORRIS E THERIVEL, 2009). Neste trabalho, foi analisado o potencial de risco, ou seja, o impacto ambiental foi abordado do ponto de vista negativo.

É exigido por lei, através do EIA/RIMA, que o potencial de impacto seja analisado para o licenciamento de empreendimentos e atividades passíveis de degradação. É necessário que essa análise seja feita para as fases de construção, instalação, ampliação, alteração e operação, sendo também exigidas as medidas necessárias para a mitigação do risco ambiental. No entanto, identificar o impacto causado por ações antrópicas é uma tarefa complexa, que envolve análise espacial e manipulação de grande quantidade de dados. Essas são características fundamentais dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's), que possuem ampla aplicação em estudos ambientais.

Nesta pesquisa, foi estudado o potencial de impacto de determinadas atividades e obras em uma área de estudo delimitada na área de preservação permanente de Guaratuba. O método Environmental Risk Surface (ERS), baseado em SIG, foi utilizado para determinar os locais que possuem o maior potencial de risco

causado pela combinação de diferentes ações antrópicas no ambiente. Apesar de todas as obras e atividades analisadas neste trabalho estarem instaladas e em funcionamento, o ERS pode ser uma ferramenta de grande utilidade para a modelagem do potencial de risco de empreendimentos em fase de estudo, em auxílio ao EIA/RIMA.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Localizar áreas de maior potencial de impacto ambiental utilizando SIG como ferramenta de auxílio à análise espacial, em uma área que compreende o reservatório de Vossoroça, em Tijucas do Sul.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as atividades antrópicas geradoras de impacto na região a ser estudada,
- Quantificar o potencial de impacto de cada tipo de ação;
- Combinar o valor do impacto conjunto de todas as atividades;
- Determinar áreas onde o efeito do impacto possui maior intensidade.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos estágios anteriores ao processo de tomada de decisão sobre políticas ambientais, os dados são interpretados e analisados para produzir informação útil aos gestores. Nesse processo, são progressivamente convertidos em informação sobre a situação ou problema de decisão (MALCKZEWSKI, 1999). O processo de conhecimento do risco ambiental envolve a necessidade de uma ferramenta que permita manipular dados quantitativos e espaciais, e que possibilite unificar essas análises, poupando tempo e recursos.

Dada a natureza espacial dos impactos ambientais, o SIG pode ter ampla aplicação nos estágios da avaliação de impacto ambiental, agindo como uma plataforma integradora para todo o processo, desde a geração, armazenamento e visualização da informação temática relativa à vulnerabilidade e sensibilidade dos recursos afetados até a previsão de impacto e finalmente sua avaliação como ferramenta de apoio a tomada de decisões (ANTUNES ET AL., 1996).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPACTO AMBIENTAL E O LICENCIAMENTO DE PROJETOS

Quando o projeto de um empreendimento encontra-se em fase de elaboração, é de fundamental importância que as mudanças por ele causadas no ambiente e na população afetada sejam identificadas. Para avaliar, detalhada e previamente, os impactos ambientais provenientes de uma obra ou atividade, devem ser observados os seguintes critérios:

- Potencial de impacto das ações e efeito nas diversas fases da realização do empreendimento;
- O porte do empreendimento, que pode ser caracterizado pela área de implantação, a extensão, o custo financeiro, a intensidade de utilização dos recursos ambientais;
- A situação da qualidade ambiental da provável área de influência, determinada por sua fragilidade, seu grau de saturação em relação a um ou mais poluentes e seu estágio de degradação (PARANÁ, 2009).

A avaliação de impacto ambiental é o processo de planejamento usado para prever, avaliar e mitigar qualquer efeito adverso significativo associado a um projeto proposto, programa ou política. Um estudo de impacto ambiental integrado, que combina bem-estar salutar, social, econômico, cultural e psicológico, bem como os ambientes físicos, biológicos e geoquímicos, proporciona um entendimento holístico das complexas inter-relações entre a humanidade e o ambiente natural, que é a chave para seu bem-estar (KWIATKOWSKI E OOI, 2003).

O termo avaliação de impacto ambiental (AIA) começou a ser utilizado a partir do momento em que foi criada a lei de política nacional do meio ambiente dos Estados Unidos. A *National Environmental Policy Act*, aprovada em 1970, foi modelo para legislação ambiental no mundo todo (SÁNCHEZ, 2006).

A avaliação do impacto ambiental no Brasil é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela lei 6938/81. O 10º artigo desta lei dispõe que:

Art. 10º - A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental.

A legislação que regulamenta o licenciamento ambiental é a Resolução CONAMA nº 237/97. O artigo 3º dispõe sobre o estudo de impacto ambiental:

Art. 3º - A licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA), ao qual dar-se-á publicidade, garantida a realização de audiências públicas, quando couber, de acordo com a regulamentação.

O (EIA/RIMA) deve ser submetido à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo. Obras como rodovias, ferrovias, portos, aeroportos e obras hidráulicas necessitam da aprovação do EIA/RIMA para seu licenciamento (CONAMA, 1986).

Novas ferramentas, técnicas e abordagens estão sendo desenvolvidas, as quais complementam e auxiliam o processo do EIA/RIMA. Seguem alguns exemplos:

- Softwares de mapeamento e sistemas de informação geográfica agora permitem análises e apresentação da informação de maneira mais efetiva do que no passado;

- Há uma rápida expansão no alcance e disponibilidade de banco de dados, referentes ao sensoriamento remoto e outras categorias compatíveis com o SIG;

- Atualmente, a internet proporciona acesso fácil a uma ampla variedade de informações, como legislação, outras publicações, bancos de dados e softwares (MORRIS E THERIVEL, 2009).

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Sistemas de informação geográfica (SIG) são sistemas computacionais usados para armazenar e manipular informação geográfica. São projetados para analisar

objetos e fenômenos onde a localização espacial é uma característica importante ou crítica para o estudo (ARONOFF, 1989). Os sistemas de informação geográfica têm como características:

- Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite e modelos numéricos de terreno;

- Combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados;

- Consultar, visualizar e plotar o conteúdo de bases de dados geocodificados (CAMARA E ORTIZ, 2015).

Aplicações em SIG evoluíram de uma combinação de dois tipos pré-estabelecidos de software: o modo como a geometria de cada mapa é tratada é baseado em gráficos e CAD (Computer Aided Design) e o modo como a informação atribuída é manipulada tem sido desenvolvido a partir de planilhas e bancos de dados. (ORDNANCE SURVEY, 2015).

As aplicações mais comuns dos SIG's são relacionadas às questões ambientais, incluindo estudos de impacto. De fato, o SIG se aplica adequadamente a esse tipo de estudo porque pode resolver questões centrais no processo, como encontrar padrões espaciais, mudanças que ocorreram em diferentes épocas e fazer previsões para explorar alternativas de previsão e formular políticas de mitigação de efeitos negativos (RODRIGUEZ-BACHILLER E WOOD, 2009).

Para entender seus potenciais e limitações, é importante lembrar que em essência, o SIG é uma combinação de um sistema cartográfico computadorizado que armazena dados de mapeamento, e um sistema de gerenciamento que armazena dados de atributos. Assim, se houver erros nestes banco de dados, o SIG será afetado (RODRIGUEZ-BACHILLER E WOOD, 2009).

A capacidade do SIG se torna realmente aparente quando a quantidade de dados é muito grande para ser manipulada manualmente. Um projeto com milhares de tabelas, mapas e listas com nomes e endereços, por exemplo, teria um alto custo e levaria muito tempo para ser trabalhado. Porém, quando estes dados são manipulados por meio de um SIG, essa tarefa pode ser realizada com maior facilidade (ARONOFF, 1989).

Para a área ambiental, modelos baseados em SIG, como a ferramenta Environmental Risk Surface (ERS) - descrito no item 2.3 - foram desenvolvidos usando

elementos de risco mapeados (por exemplo, atividades humanas) para examinar as relações espaciais entre elementos de risco e características da biodiversidade. Um elemento de risco pode ser definido como algo identificado pelos especialistas como tendo influência negativa na saúde da conservação.

Segundo Aronoff (1995), a previsão dos efeitos das atividades humanas é um importante componente do gerenciamento da vida silvestre. Essa informação é usada no processo de decisão, como escolher por onde uma rodovia vai passar ou restringir o acesso ao público em algumas áreas de preservação. A vida silvestre depende da presença de vários fatores em uma área geograficamente definida, e o SIG pode ser usado para analisar tais fatores, como disponibilidade de alimentação, proteção dos predadores, adequação de áreas para nidificação e hibernação.

2.3 O MÉTODO ENVIRONMENTAL RISK SURFACES (ERS) DE MCPHERSON ET AL (2008)

A ferramenta Environmental Risk Surfaces (ERS) foi desenvolvida para avaliar o risco ambiental utilizando SIG e funciona com base na ponderação do risco de cada atividade ou intervenção antrópica e sua respectiva área de influência. Isto permite efetuar uma análise do risco ambiental em áreas em torno de cada tipo de intervenção humana. É considerado que cada tipo de ocupação humana ou obra construída numa região oferece diferente risco ao meio ambiente. Também é considerado que este risco diminui em função da distância às áreas de intervenção. Assim sendo, devem ser ponderados a área de influência e o decréscimo do risco em função da distância.

A combinação das áreas de risco e suas intensidades locais permite identificar e gerenciar riscos ambientais, identificar espacialmente níveis de baixo (áreas intactas) e alto risco (áreas ameaçadas). O modelo de risco final reflete a distribuição espacial dos valores de intensidade acumulados para todos os elementos de risco que podem ser usados para avaliar a condição do meio ambiente, sua vulnerabilidade às pressões ambientais, ou ser usado como uma entrada para outros estudos.

O primeiro passo desta metodologia é a coleta de dados espaciais confiáveis dentro da área de estudo. Isto pode ser feito por observações de campo ou, como no

caso apresentado neste trabalho, com ajuda de imagens de satélite e SIG. Estes dados devem representar a distribuição espacial dos elementos que oferecem risco ambiental. Todos estes fatores devem ser espacialmente mapeados e representados sob a forma de pontos, linhas, polígonos ou modelos raster. São considerados elementos de risco aqueles que são resultantes da ação humana, tais como áreas agrícolas e urbanizadas, zonas de turismo e hotéis, estradas, áreas industriais. O grau de risco que cada elemento apresenta deve ser caracterizado a seguir, considerando que cada elemento, e a combinação dos efeitos de mais de um deles, podem variar para cada habitat, considerando as diferentes maneiras em que as atividades humanas impactam no meio ambiente.

Após a seleção dos elementos de risco, cada elemento é avaliado e classificado de acordo com o grau com que ele ameaçaria o meio ambiente. Para isto, informações de literatura e dados ambientais devem ser usadas. Na metodologia de MCPHERSON et al. (2008), são propostas intensidades de risco para diferentes tipos de ocupação humana. A cada elemento de risco é atribuído um valor que representa a intensidade do risco e uma distância de influência. O valor da intensidade dentro da área de influência diminui na medida em que o ponto se afasta do elemento.

No estudo de MCPHERSON et al. (2008), são propostos valores para alguns tipos de ocupação antrópica e estes são usados nesta pesquisa como referência. Com base nestas informações, são calculadas as intensidades de cada categoria e também as áreas de influência e a distância ao elemento em questão, elaborando uma grade de distâncias para cada categoria. A seguir, a grade de distâncias é usada para calcular a intensidade em cada pixel da grade, para cada categoria.

As grades raster de cada elemento de risco individual são a seguir combinadas de acordo com regras definidas pelo usuário (por exemplo, SUM, MIN, MAX, etc).

3.METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em uma região da área de preservação permanente de Guaratuba, que compreende a represa de Vossoroça. O local do reservatório fica situado no município de Tijucas do Sul, estando quase em sua totalidade dentro da área de proteção ambiental (APA) de Guaratuba (BLUM et al, 2005). A área de estudo foi delimitada pelas coordenadas de latitude de O 49° 6' 41" a O 49° 1' 9" e longitude de S 25° 47' 40" a S 25° 53' 3".



Figura 01: Represa de Vossoroça - Imagem do satélite Geoeye

Criada em 1992, a Área de Preservação Ambiental (APA) de Guaratuba possui área de aproximadamente 200 mil hectares, englobando todo o município de

Guaratuba e parte dos municípios de Matinhos, Tijucas do Sul, São José dos Pinhais e Morretes. Entende-se por APA unidades de conservação (UC) sob a tutela do Estado, visando a preservação de áreas florestais, tendo estas áreas, legislação disciplinar própria, com o objetivo de compatibilizar o uso racional dos recursos ambientais da região e a ocupação ordenada do solo, contribuindo com a qualidade de vida das comunidades tradicionais e da população local. (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2006; FERNANDES, 2012).

A represa de Vossoroça é formada pelos rios São João, Vossoroça e Fojo, pertencentes à bacia do São João. Foi construída na década de 1940 e abrange uma área de 330 hectares coberta pela mata atlântica, tendo como função a regularização da vazão para a Usina Hidrelétrica de Chaminé, situada 7,1 km a jusante (FAVORETO ET AL., 2003). A área é ocupada por agricultores e nas margens da represa predominam propriedades rurais destinadas ao lazer. A BR 376, que liga Dourados (MS) a Garuva (SC), atravessa a região.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

O primeiro passo deste trabalho foi a identificação de atividades que possuem um potencial de risco ambiental. Os focos de impacto a serem analisados nesta área de estudo são: o reservatório, as rodovias e estradas, as ocupações humanas, a agricultura e reflorestamento.

Para caracterização destas atividades, foi utilizada uma imagem do satélite Geoeye da região em questão, com resolução de dois metros. Os pixels desta imagem foram separados em classes com características espectrais similares, que correspondem às atividades antrópicas. Esta etapa de classificação foi realizada visualmente. Uma vez identificadas as ações causadoras de impacto, foram criados arquivos no formato shapefile com as geometrias da área onde estas atividades estão localizadas na imagem, para cada uma delas. A criação deste arquivo foi necessária para que se destacasse a sua área de abrangência, e para que cada ação pudesse ser analisada isoladamente.

3.3 QUANTIFICAÇÃO DO IMPACTO

Para a determinação da intensidade do impacto das ações antrópicas foi utilizado o método proposto por McPherson et al. (2008), descrito no item 2.3 da revisão bibliográfica.

Depois de definidas as atividades, estas são estudadas de modo que se estabeleça o grau de risco que proporcionam ao ambiente. Informações na literatura e consultas a especialistas foram utilizadas para designar o valor de intensidade e a distância de influência de cada risco, baseando-se em fatores como: provável extensão, severidade e reversibilidade do impacto causado (MCPHERSON ET AL., 2008).

O valor da intensidade representa o nível relativo de ameaça que a atividade antrópica ocasiona ao habitat ou às espécies vegetais e animais. Este valor é normalizado para uma escala de 0 a 1, de modo que os riscos possam ser comparáveis. O valor final normalizado não é, no entanto, uma medida absoluta do impacto no ambiente, mas sim um grau relativo para o qual é menos provável que a biodiversidade sobreviva em um local do que em outro, baseado na presença de determinadas atividades de risco.

Após os valores terem sido determinados, o próximo passo é determinar a distância de influência para cada ação. Esta distância consiste na extensão máxima à qual a ação possui um impacto negativo na biodiversidade. Esta medida é utilizada para atribuir intensidade ao risco localizado fora da área imediata ao impacto direto. Conforme a distância ao redor do local onde se encontra a ação aumenta, os valores da intensidade diminuem progressivamente, portanto, o risco vai ficando cada vez menor, até a distância máxima ser alcançada e o risco não ser mais considerado.

A tabela 01 representa as distâncias e intensidades do impacto ambiental de cada atividade presente na área de estudo, baseadas neste método.

ATIVIDADE	DISTÂNCIA DE INFLUÊNCIA (m)	INTENSIDADE DO IMPACTO
Agricultura	500	0,05 a 0,25
Ocupação humana	30	0,11 a 0,9
Rodovias	15	0,3 a 0,5

Reflorestamento	500	0,3 a 0,5
Reservatório de Usina	30000	0,6 a 0,8

Tabela 01: Distâncias de influência e intensidade do impacto nas atividades
 Fonte: McPherson et al.(2008)

Para as áreas agrícolas, foram designados os valores pertencentes à agricultura em pequena escala, uma vez que não se trata de grandes plantações. A densidade populacional do município de Tijucas do Sul é de 21,64 hab/km² (IBGE, 2014). Como a região em estudo é rural, consideramos para este trabalho uma densidade de 10 hab/km², o que leva aos valores descritos na tabela 01. Para as rodovias, como a BR 376 é uma estrada consideravelmente movimentada, foram utilizados os valores para rodovias de grande porte. O mesmo valor foi utilizado para as demais estradas, apesar de possuírem menor tráfego, como margem de segurança. Para a intensidade do reservatório, por se tratar de uma região alagada devido à construção de barragem, e por ser hoje um ambiente utilizado para pesca e lazer, este impacto foi o maior dentre todas as atividades. Para as áreas de reflorestamento, cujos valores não são estipulados pelo trabalho de McPherson (2008), foi utilizada a mesma distância de influência da agricultura, por serem áreas de pequena dimensão, porém com valor de intensidade até duas vezes mais alto, devido à atividade ser altamente degradante à biodiversidade.

3.4 REPRESENTAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL ISOLADO

Como descrito no item 3.2, os arquivos shapefile gerados para cada ação antrópica foram utilizados para representar graficamente o valor do impacto ambiental. Desta etapa em diante, foi utilizado o software Qgis na versão 2.6.1 como ferramenta.

Primeiramente, os arquivos shapefile foram convertidos para o formato raster, devido às operações necessárias à combinação dos valores de intensidade, no caso da análise para mais de uma atividade.

As distâncias de influência foram atribuídas para cada ação antrópica, de acordo com os valores propostos na tabela 01, criando-se então um arquivo raster de distância, em torno da geometria de cada atividade. Este raster foi então

reclassificado, atribuindo-se uma função linear para a representação gráfica do impacto ambiental. Conforme a distância da atividade aumenta, o impacto diminui, bem como a intensidade da cor que o representa. Esta representação foi feita para cada atividade antrópica, isoladamente.

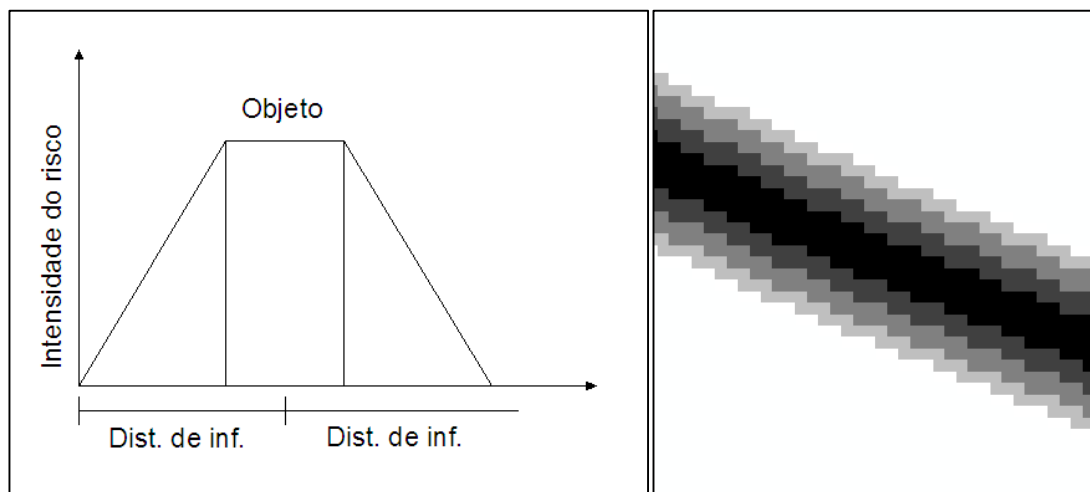


Figura 02: Representação da variação da intensidade de risco atribuído a cada objeto em corte (esquerda) e em planta (direita)

3.5 REPRESENTAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL COMBINADO

Em um local de biodiversidade onde se encontram grandes obras de engenharia e onde há ocupação humana, como é o caso da região em estudo, a análise do risco ambiental deve ser feita por meio da combinação dos valores de impacto. Nesta situação, em praticamente todos os pontos da região, as áreas de influência se interceptam, ou seja, o local é afetado por mais de uma atividade antrópica simultaneamente. Sendo assim, é necessário que seja calculado o valor do impacto resultante para cada local na região, de modo que seja possível identificar as áreas com maior risco. Esta operação foi realizada para cada pixel da imagem.

Neste trabalho, o critério definido para o impacto resultante é o maior valor. Isto significa que o valor de impacto considerado em um determinado pixel (que compreende uma região de quatro metros quadrados) onde “n” atividades tem influência, é o maior entre os “n” valores. Como o valor do impacto varia linearmente para a distância de influência, não implica necessariamente que a atividade com maior

valor máximo no pixel seja a que possui maior potencial de impacto, pois esta pode estar mais distante do local em questão.

Foi elaborado um algoritmo que armazena o maior valor de intensidade, para cada posição de pixel, comparando-se os arquivos raster das áreas de influência. Este valor foi atribuído a uma imagem, com as mesmas dimensões da imagem do satélite Geoeye (a partir da qual foram criados os arquivos shapefile). Cada posição de pixel da imagem gerada pelo algoritmo recebe o valor mais alto referente à esta posição nos demais arquivos. Uma vez que todos os pixels foram preenchidos, a imagem resultante desta operação foi gerada, atribuindo-se um tom de cor mais escuro para os pixels com valor de impacto mais alto.

Sobrepondo-se as feições das ações antrópicas a essa imagem resultante, é possível identificar visualmente as regiões onde estas ações possuem maior e menor impacto.

4. RESULTADOS

Para a pesquisa em questão, foi necessário verificar cada atividade antrópica passível de degradação ambiental individualmente. A soma da intensidade do impacto nas regiões indica onde há maiores danos no ambiente. A determinação do impacto para cada tipo de ação é descrita a seguir.

4.1 AGRICULTURA

As áreas representativas de cultivo agrícola e seu risco atribuído estão representadas na figura 03.

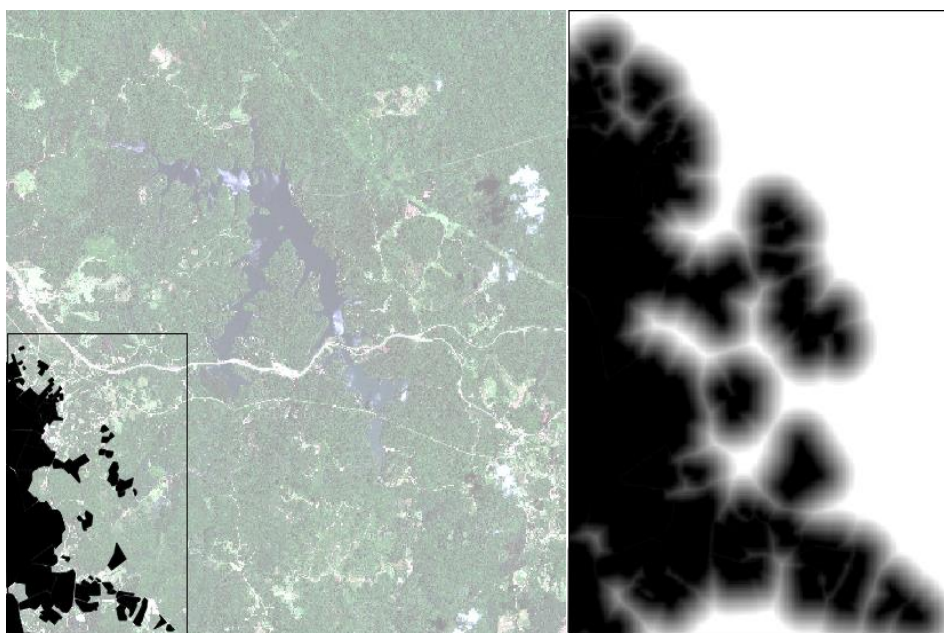


Figura 03: Regiões de cultivo agrícola e suas áreas de influência

Para representar o impacto associado à agricultura, foi utilizada uma distância de 500m. O efeito está relacionado ao impacto produzido por atividades inerentes ao cultivo de certas culturas, como mecanização intensiva que emite poluentes, o uso de agrotóxicos e consequente contaminação do solo. Também é relevante o corte da

mata nativa para dar lugar às plantações. A figura 03 representa no mapa a também a área afetada pela agricultura (direita).

4.2 ESTRADAS

O impacto gerado pelas rodovias está relacionado com o desmatamento para sua construção, com os automóveis que a transitam e sua cobertura asfáltica. Uma intensidade que varia linearmente de 0,5 a 0,3 foi estipulada para 10m de cada lado. Como a rodovia BR 376 liga a Curitiba ao litoral do Paraná, seu tráfego é muito intenso, fazendo com que diariamente haja uma quantidade considerável de gases poluentes emitidos. A cobertura em pavimento flexível faz com que a absorção da água pelo lençol freático seja prejudicada. A fauna silvestre também é prejudicada, pois diariamente animais nativos são mortos nas rodovias.

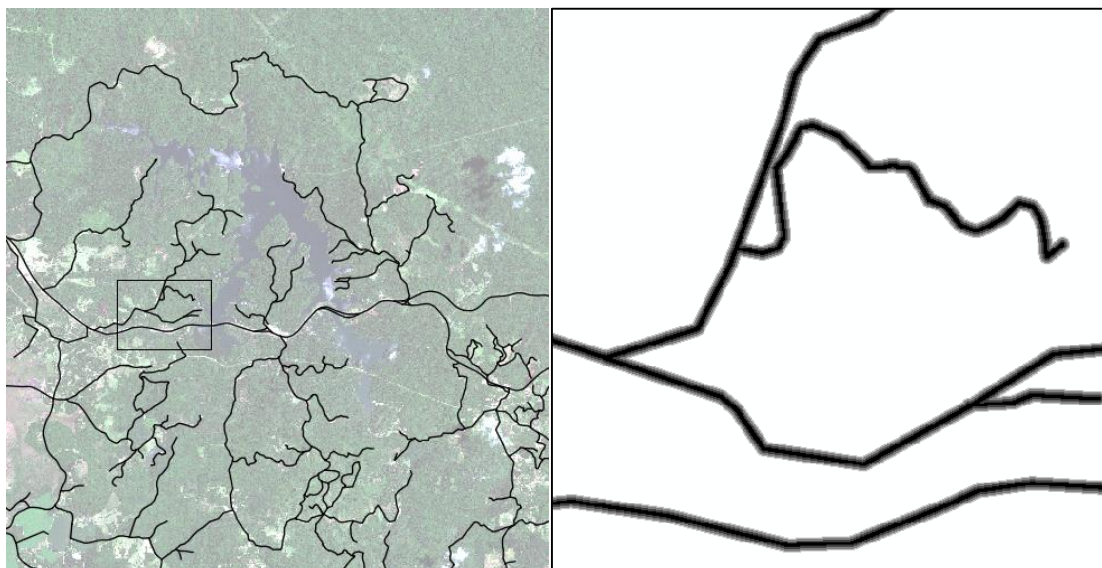


Figura 04: Estradas e suas áreas de influência

A figura 04 apresenta a região afetada ao longo das estradas.

4.3 OCUPAÇÃO HUMANA

A ocupação humana ocasiona uma grande modificação do ambiente, inerente às atividades cotidianas desenvolvidas no entorno das residências. A derrubada de árvores, criação de animais, utilização de recursos naturais, construção de açudes e galpões, entre outras ações, são as mais comuns relacionadas à ocupação humana nas áreas rurais.

Apesar de afetarem o ambiente muitas vezes de maneira negativa, esses moradores também auxiliam na proteção à vegetação nativa. Embora a mata atlântica tenha sido alvo de depredação desde a colonização européia, segundo Albagli (2003), as populações tradicionais vêm contribuindo para a conservação e o desenvolvimento sustentável in situ de diversas espécies florestais importantes, utilizando o conhecimento empiricamente acumulado sobre os habitats naturais, bem como de suas práticas agrícolas sustentáveis e de extrativismo de subsistência adequadas ao meio ambiente local. Ainda assim, a ocupação humana é uma das atividades que modificam o meio ambiente com maior intensidade, mesmo com uma área de influência de menor extensão. Na figura 05 à esquerda, estão representadas as habitações e à direita, a área de influência de cada uma delas.

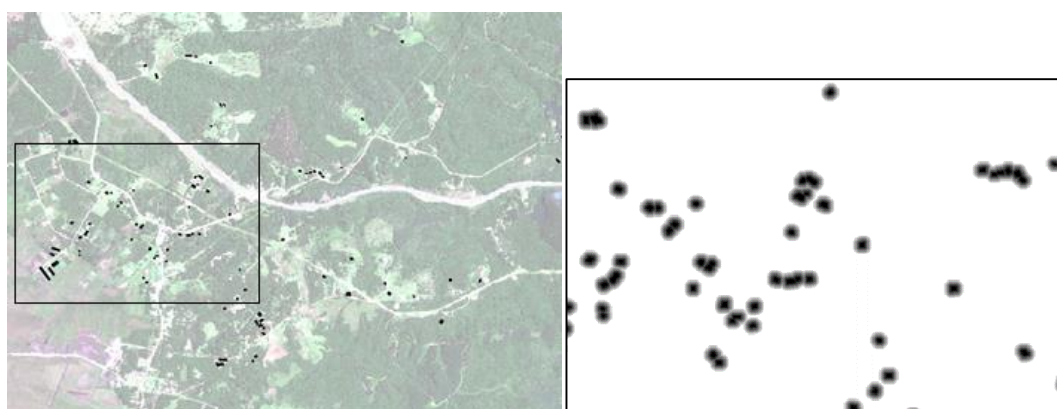


Figura 05: Edificações na região (esquerda) e áreas de influência (direita)

4.4 RESERVATÓRIO

As obras hidrelétricas, de uma forma geral, produzem grandes impactos sobre o meio ambiente, que são verificados ao longo e além do tempo de vida da usina e do projeto, bem como ao longo do espaço físico envolvido (SIQUEIRA E HENCKES, 2014).

O represamento da água de um rio causa morte de espécies vegetais e animais, mudança na paisagem, retirada dos moradores dos locais atingidos, perda de solos cultiváveis e, por vezes, conteúdo arqueológico. O micro clima da região também é afetado, com mudança no regime de chuvas.

A represa de Vossoroca é muito utilizada para a pesca e atividades de lazer, nas propriedades lindeiras. Tais atividades podem proporcionar acúmulo de lixo, contaminação da água, entre outros problemas.

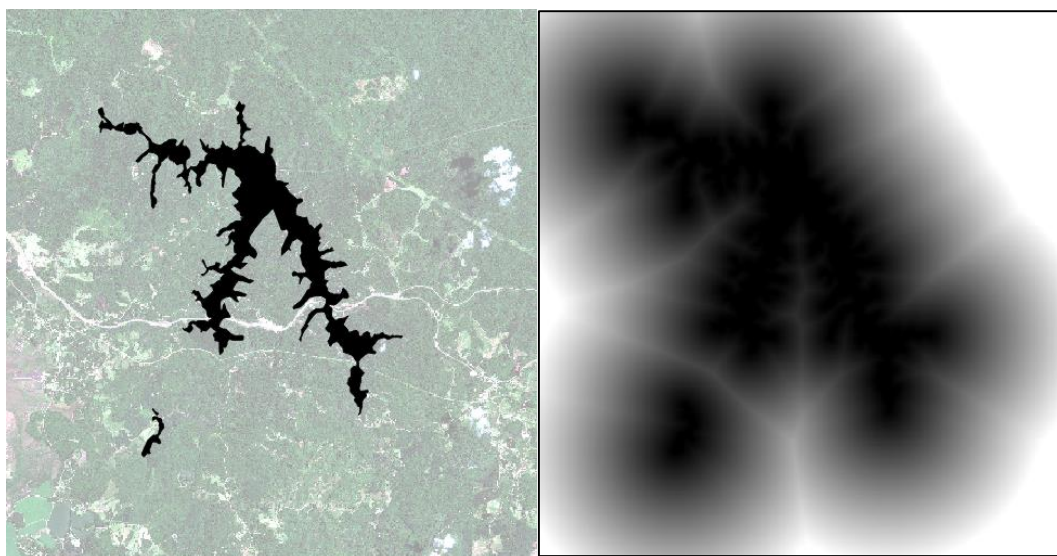


Figura 06: Reservatório de Vossoroca (esquerda) e área de influência (direita)

4.5 REFLORESTAMENTO

As áreas de reflorestamento na região de estudo estão representadas na figura a seguir.

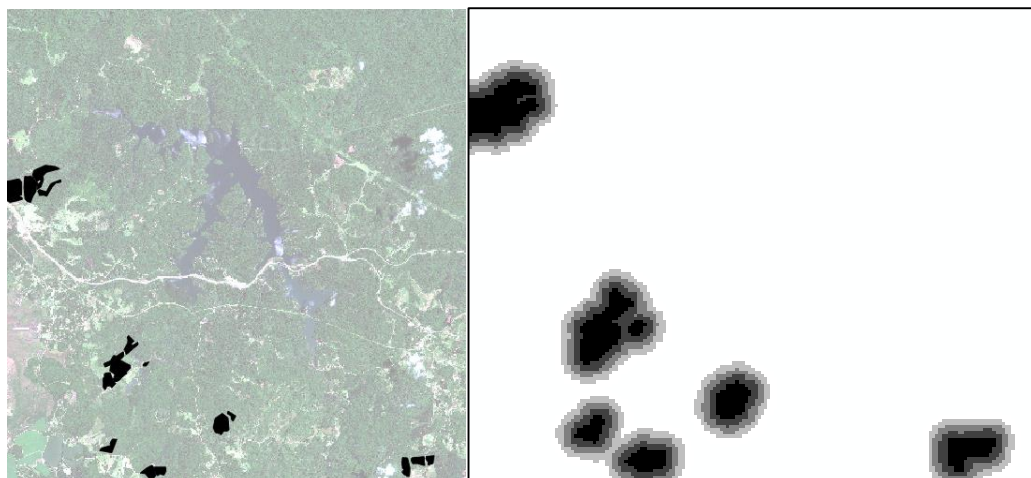


Figura 07: Áreas de reflorestamento (esquerda) e áreas de influência (direita)

Para representar o impacto associado ao reflorestamento, foi utilizada uma distância de 500m. O risco ambiental relacionado a esta atividade está ligado ao empobrecimento do solo, à destruição da biodiversidade, à inserção de espécies não-nativas no ambiente, entre outras questões. O impacto ambiental das florestas plantadas sobre o solo também depende do bioma em que está inserida, ou seja, das condições do solo prévias à implantação das árvores (VITAL, 2007). No caso do reflorestamento nesta área de estudo, por se tratar de uma área de preservação e de um local com ampla biodiversidade, como a mata atlântica, o efeito negativo que causa ao ambiente é mais significativo.

4.5 ANÁLISE TOTAL DO IMPACTO

Para uma análise efetiva dos impactos ambientais, é necessário que todos sejam considerados atuando em conjunto. A sobreposição das áreas de influência permite detectar os locais onde a intensidade é maior, e o critério utilizado será o maior valor do impacto atuante em cada uma das áreas de maior risco.

Percebe-se que a maior parte das regiões de maior impacto situam-se próximas à represa, devido à grande intensidade do impacto causado por ela. Como o critério utilizado foi o do maior valor para o impacto das atividades cujas áreas de influência se interceptam, e a intensidade do impacto próximo à represa é alta, a maior

parte das regiões mais fragilizadas do ponto de vista ambiental são as próximas às margens do reservatório.

Aproximando-se a imagem, percebe-se que o impacto das ocupações humanas também é significativo. Porém como a área de influência é bem menor que a do reservatório, são observadas como áreas de maior valor de impacto ambiental somente as áreas muito próximas às ocupações.

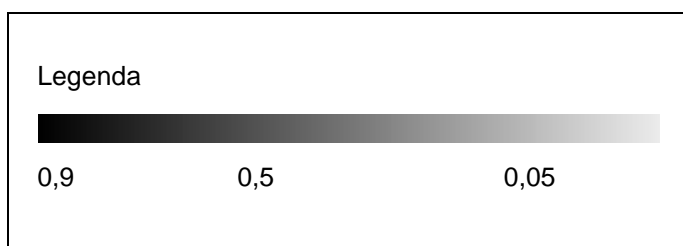
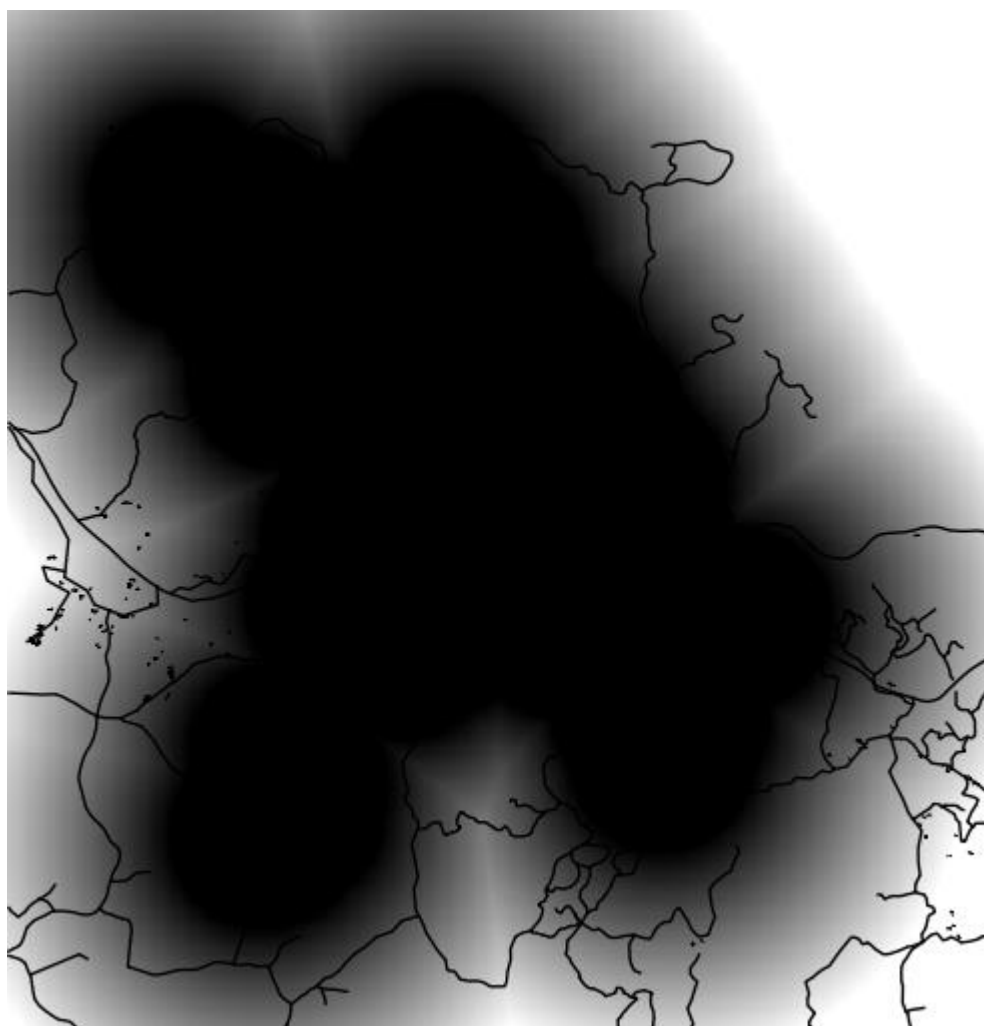


Figura 08: Sobreposição dos impactos das atividades

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por esta pesquisa permitiram obter as seguintes conclusões e observações:

- Foi possível inferir através da análise realizada que os softwares de sistemas de informação geográfica, por terem interface de fácil utilização, proporcionam agilidade à manipulação de dados, sejam estes espaciais ou não-espaciais. Tal habilidade permite a manipulação de dados de maneira que a avaliação do impacto ambiental de determinada atividade seja realizada de maneira clara e com rapidez;

- Por se tratar de um modelo, o ERS permite fazer simulações, o que o torna adequado para auxiliar a elaboração do EIA/RIMA desde a fase de implantação até a operação do empreendimento ou atividade;

- Os locais da área de estudo onde o potencial de impacto foi mais alto foram próximos ao reservatório, o que era esperado, uma vez que uma região alagada causa um grande impacto ambiental;

- O impacto das ocupações humanas também foi significativo, porém como abrange uma área de influência menor, é visível somente muito próximos às edificações;

- Como o resultado é gerado a partir de dados inseridos no software, para que o resultado final da aplicação seja confiável, é necessário que os dados sejam corretamente coletados e armazenados;

- Para que mais regiões fossem representadas, uma alternativa seria somar o valor do impacto ao invés de utilizar o maior valor. Porém, dessa maneira o valor do impacto poderia ser superestimado, o que pode não ser adequado para o licenciamento ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAGLI, S. **Informação, territorialização e inteligência local**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação, Belo Horizonte: ECI/UFMG, 2003.

ANTUNES, P., SANTOS R., JORDÃO, L., GONÇALVES, P., VIDEIRA, N.. **A GIS-based decision support system for Environmental Impact Assessment**. In: **IAIA Proceedings '96 Conference**. Estoril, Portugal, 1996. Anais. Estoril, 1996. p. 451-6.

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: WDL, 1989.

BLUM, C. T.; POSONSKI, M; HOFFMANN, P. M. ; BORGIO, M. . **Espécies Vegetais Invasoras em Comunidades Florestais Nativas nas Margens da Represa do Vossoroca, Apa de Guaratuba, Paraná, Brasil**. In: I Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras, 2005, Brasília. Disponível em <http://www.mma.gov.br/invasoras>. Brasília: MMA, 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA n.001, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 2548-2549.17 fev. 1986. Seção 1.

BRASIL. Lei n. 6.939, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 set. 1981.

BRASIL. Resolução CONAMA n.237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n.247, p. 30841-30843, 22 dez. 1997. Seção 1. 22 dez 1997.

CÂMARA, G. ORTIZ, M. J..**Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: Uma visão geral**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>. Acesso em 16/03/2015.

FAVORETO, R. Z., PERREIRA FILHO, D. L. B., BURMASTER, C. L., HILU, A., SILVA, S. B., MINE, M. R. M. **Modelagem de eventos de vazão máxima natural no reservatório de Vossoroca utilizado o modelo IPH II**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, 2003.

FERNANDES, R. P., **Gestão e preservação do patrimônio arqueológico em unidades de conservação**. 28 p. Dissertação (Mestrado em Patrimônio Cultural e Sociedade. Univille, Joinville, 2012.

KWIATKOWSKI, R. E., OOI, M. **Integrated environmental impact assessment: a Canadian example**. Bulletin of the World Health Organization, 2003; 81: p. 434-438.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2014. Acesso em 12/08/2015. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=412760>>.

MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1999.

MCPHERSON, M., SCHILL, S. RABER, G., JOHN, K., ZENNY, N., THURLOW, K., SUTTON, A. H. **GIS-based modelling of environmental risk surfaces (ERS) for conservation planning in Jamaica**. Journal of Conservation Planning, v.4, p. 60-89, 2008.

MORRIS, P., THERIVEL, Introduction. R.. In.____. **Methods of environmental impact assessment**. 3 nd edition. Routledge: Abingdon, 2009. P.3-21.

ORDNANCE SURVEY, **What is GIS**.Disponível em: <http://www.ordnancesurvey.co.uk/support/understanding-gis/what-is-gis.html>. Acesso em 16/03/2015.

PARANÁ. **Portaria n. 158, de 10 de setembro de 2009**. Instituto Ambiental do Paraná. Curitiba, 2009.

RODRIGUEZ-BACHILLER, A., WOOD, GRAHAM. Geographical Information System and EIA.In: MORRIS, P., THERIVEL, R..**Methods of environmental impact assessment**. 3nd edition. Routledge: Abingdon, 2009. p.434-459.

SANCHEZ, L. E.. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Plano de manejo da área de proteção ambiental de Guaratuba**. Curitiba, 2006.

SIQUEIRA, J. E., HENCKES, J. A.. **Impactos gerados por represas de usinas hidrelétricas: O caso da usina hidrelétrica de manso**. Revista gestão sustentável ambiental, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 359 - 372, abr./2014 a set./2014.

TWUMASI, Y., MEREM, E.. GIS and Remote Sensing Applications in the Assessment of Change within a Coastal Environment in the Niger Delta Region of Nigeria. **International Journal of Environmental Research & Public Health**, 2006, 98-106.

VITAL, M. H. F., **Impacto ambiental de florestas de eucalipto**. Revista do BNDES, 2007, p. 235-276. Rio de Janeiro.

WATHERN, P. An introductory guide to EIA. In.____. **Environmental impact assessment: theory and practice**. London: Unwin Hyman, 1988: p. 3 – 30.

WORBOYS, M. F..**GIS: A computing perspective**. London: Taylor & Francis, 1995.