

Geoprocessamento Aplicado à Seleção de Áreas para Implantação de Parques Urbanos na Bacia do Rio Verde/PR

*Geoprocessing Applied to the Selection of Areas for
Creation of Urban Parks in Rio Verde Basin - PR*

Larissa de Pinho Aragão¹

Thiago Kich Fogaça²

Pâmella Emanuely Cattani³

Sony Cortese Caneparo⁴

Resumo: Na atual conjuntura planetária, a relação cidade-natureza encontra-se cada vez mais segregada. Entre outros motivos, as atividades desempenhadas pelo sistema econômico capitalista influenciaram numa visível destruição do meio ambiente, resultando em um déficit nos equilíbrios físicos, biológicos e sociais dos sistemas que atuam no globo terrestre. A cidade urbanizada, representação das interações supramencionadas, caracteriza-se pela ausência de áreas verdes. Uma das formas de amenizar os impactos ambientais decorrentes da intensa urbanização nas grandes cidades seria a implantação de parques públicos urbanos, a fim de melhorar a qualidade de vida das populações. Dessa forma, este artigo buscou delimitar, no perímetro da Bacia do Rio Verde/PR, áreas propícias para a implantação de parques urbanos, através da utilização das ferramentas empregadas pelo Geoprocessamento, por meio dos Sistemas de Informações Geográficas e aplicação das lógicas booleana e *fuzzy*.

PALAVRAS-CHAVE: Parques Públicos Urbanos. Geoprocessamento. SIG.

ABSTRACT: *In the current global environment, the relationship between nature and cities has become increasingly segregated. Among other causes, activities performed within capitalist economic systems have caused a visible destruction of the environment, resulting in a deficit in the physical, biological and social equilibrium of systems acting on the globe. The urbanized city, as represented above, is characterized by the absence of green areas. One way of mitigating the environmental impact of intensive urbanization in big cities is to create public urban parks in order to improve the quality of life of urban populations. Therefore, this paper aims to delineate the perimeter of the Bacia do Rio Verde/PR an area conducive to the creation of urban parks, through the use of tools in Geoprocessing, using Geographic Information Systems, and through the application of boolean and fuzzy logic.*

KEYWORDS: *Public Urban Parks. Geoprocessing. GIS.*

¹ Graduada em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2006), especialista em Geografia e Meio Ambiente pelo Instituto Superior do Litoral do Paraná – ISULPAR (2012), mestranda em Geografia pela Universidade Federal do Paraná. Endereço: rua Cel. Francisco H. dos Santos S/N - Centro Politécnico. Curitiba, PR – Brasil. E-mail: larissaaragao@gmail.com

² Graduada em Oceanografia pela Universidade Federal do Paraná (2010), mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos pela Universidade Federal do Paraná (2012), doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Paraná. Endereço: av. Beira Mar s/n, Pontal do Sul. Cep: 83255-976. Pontal do Paraná, PR – Brasil. E-mail: pamelacattani@gmail.com

³ Graduado em Licenciatura em Geografia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, de Marechal Cândido Rondon. Mestrando pelo Programa de Pós Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Paraná. Endereço: rua Cel. Francisco H. dos Santos S/N - Centro Politécnico. Curitiba, PR – Brasil. E-mail: tkfogaca@gmail.com

⁴ Graduada em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (1979), mestrado em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná (1983), doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná (1999) e especialização em Geoprocessamento (1993). Atualmente é professora Associada da Universidade Federal do Paraná. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geografia. Endereço: rua Cel. Francisco H. dos Santos S/N - Centro Politécnico. Curitiba, PR – Brasil. E-mail: sony@ufpr.br

INTRODUÇÃO

Os parques urbanos são áreas verdes no âmbito das cidades, previstos pelo Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001. Ao estabelecer diretrizes sobre o ordenamento e desenvolvimento das funções sociais da cidade, o Estatuto busca minimizar a deterioração das áreas urbanas, causada, dentre outros fatores, pela poluição e degradação ambiental (BRASIL, 2001).

Quando desempenham suas atividades sociais, econômicas e culturais em praticamente todo globo terrestre, os agrupamentos humanos atuam como um importante regulador das condições ambientais nas quais estão inseridos, pois, nas palavras de Correa (2002, p.11), “o espaço configura-se como produto social, resultante das ações acumuladas através do tempo, e engendradas por agentes que tanto o produz quanto o consome”.

As cidades que compõem a grande região de Curitiba encontram-se cercadas por reservatórios para geração de energia, abastecimento público e industrial, o que impõe sérias restrições à urbanização dessas regiões (CUNHA et al., 2011, p. 31).

O grande problema no que se refere à produção do espaço na Bacia do Rio Verde está em sua utilização para atividades agropecuárias e urbano-industriais, resultando na antropização de extensas áreas, comprometendo o equilíbrio dos sistemas que a compõem (CANEPARO et al., 2011, p. 2).

A Geografia, enquanto ciência, busca identificar e compreender a interação do homem com o meio, em que ambos são sujeitos que integram e transformam o espaço, resultando em mudanças. A análise e, conseqüentemente, a compreensão dessas relações repercute em seus conceitos e na produção do conhecimento como um todo.

Nessa perspectiva, um dos maiores avanços na ciência geográfica nas últimas décadas foi a utilização das ferramentas de geoprocessamento para as análises ambientais.

Silva e Zaidan (2011, p.19) definem geoprocessamento como “uma tecnologia, isto é, um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigido em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana”.

As primeiras utilizações dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) reportam à década de 1960, com o programa de Sistemas Informativos Geográficos do Canadá. De forma concomitante, países como Estados Unidos, Reino Unido e França iniciaram suas pesquisas referentes à utilização de computadores na edição de mapas, automatizando a cartografia (LONGLEY, 2013). A evolução inicial das tecnologias dos SIGs está relacionada, principalmente, a questões de caráter bélico (SILVA; ZAIDAN, 2004).

Dos anos 1980 até os dias atuais, os SIGs acumulam funções no ordenamento do território urbano e rural, seja na modelagem e previsão de eventos de ordem natural, seja subsidiando a tomada de decisão sobre os mais diversos aspectos das intervenções humanas.

Dessa forma, este artigo propõe exemplificar uma das diversas aplicações do SIG para a análise ambiental, qual seja a demarcação de áreas propícias à implantação de um parque urbano no perímetro da bacia hidrográfica do Rio Verde/PR.

A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE

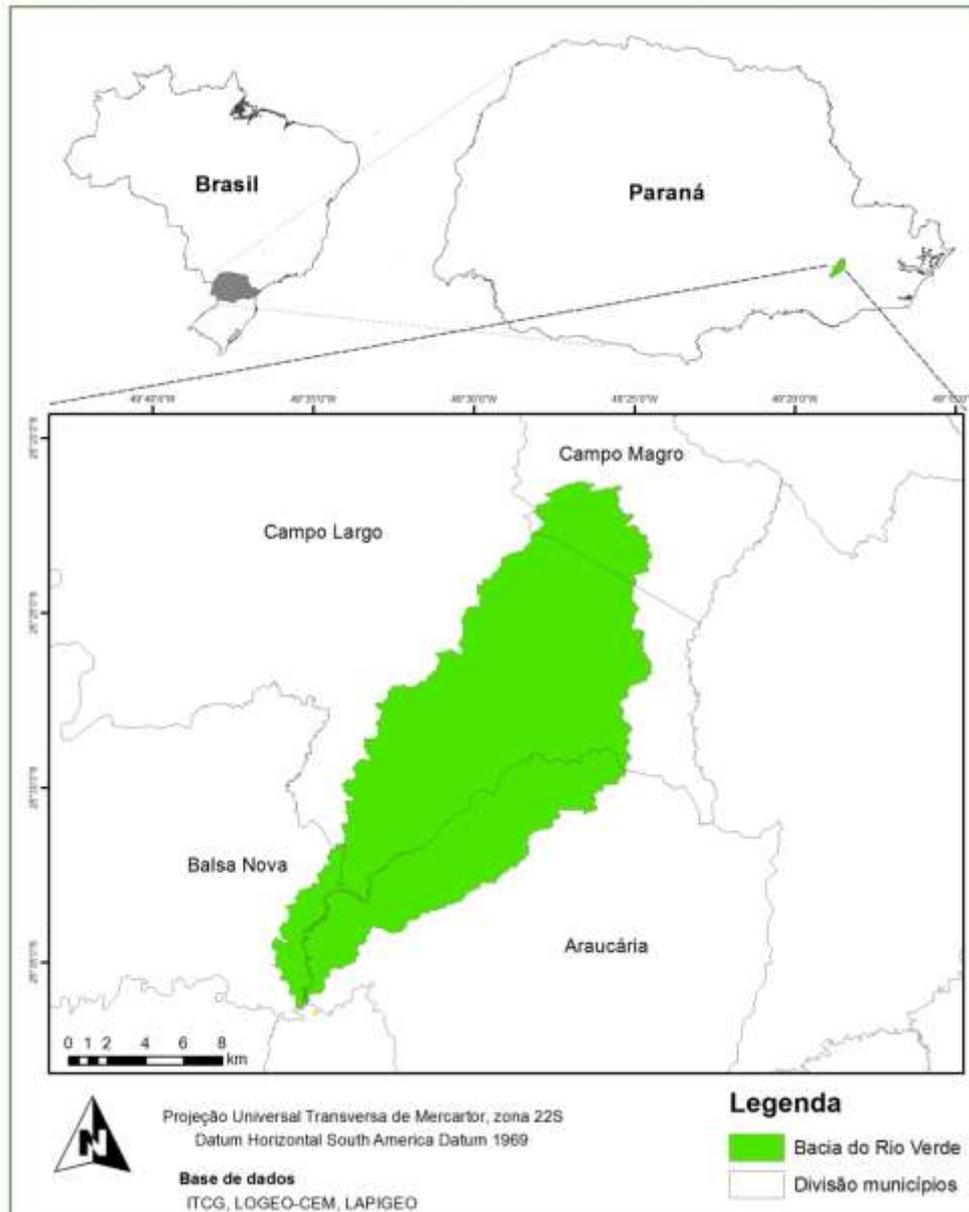
A bacia hidrográfica do rio Verde está localizada entre as latitudes 25° 18'S e 25°40'S e as longitudes 49°21'W e 49°49'W de Greenwich, encontra-se inteiramente no Estado do Paraná e compreende os municípios de Araucária, Campo Largo, Campo Magro e Balsa Nova (Figura 1). Limita-se a leste com a sub-bacia do rio Passaúna e ao norte com as macrobacias do Ribeira e do Iguaçu (CANEPARO et al., 2011; CUNHA et al., 2011).

O rio Verde emerge no município de Campo Magro e deságua no rio Iguaçu, possuindo uma área de drenagem correspondente a 238,96 km². Consiste em um importante manancial de abastecimento para a Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Dentre os municípios integrantes da bacia do rio Verde, Campo Largo é o que tem maior participação territorial na bacia, seguido por Araucária, Campo Magro e Balsa Nova.

Com relação ao Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios limítrofes da bacia do rio Verde, a renda atribuída a eles corresponde a 7% de toda a renda produzida pelo Estado do Paraná e 18% da renda gerada pela RMC (CUNHA et al., 2011).

O setor que apresenta maior participação na estrutura produtiva é o de serviços, seguido pela indústria. A agricultura gera uma pequena parcela da renda total dos municípios, cerca de 5% (CUNHA et al., 2011).

No entorno do rio Verde observam-se inúmeras vilas agrícolas, de lazer e periurbanas. A estrutura dessas propriedades geralmente é pequena e, quando voltadas à produção, empregam uma agricultura do tipo familiar (CUNHA et al., 2011).

Figura 1. Cartograma de localização da bacia hidrográfica do rio Verde

Fonte: Base de dados do ITCG, LOGEO-CEM, LAPIGEO (2013).

A bacia está inserida na zona temperada úmida, com clima tipo Cfb da classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 16,5°C, com temperaturas mínimas no mês mais frio (julho) em torno de 12,7°C, e temperaturas máximas no mês mais quente (fevereiro) de 20,3°C. Há pouca variação em relação à umidade relativa do ar, apresentando valores médios de 80%. A precipitação média anual é de 1.468 mm, coincidindo as maiores taxas de precipitação com os meses mais quentes (verão) e tempo mais seco no inverno (CUNHA et al., 2011).

Os compartimentos geológicos presentes na bacia são: unidades metamórficas de Complexo Atuba, unidades metamórficas relacionadas ao grupo Açungui, rochas sedimentares das formações Guabirotuba e Tinguis aluviões recentes. Com relação à

geomorfologia, encontra-se inserida unicamente no planalto de Curitiba, situada no primeiro planalto paranaense (CUNHA et al., 2011).

Ao que concerne a pedologia, no perímetro da bacia do rio Verde observa-se a ocorrência das seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Hidromórfico Gleizado, Aluvial, Cambissolo e Orgânico (OLIVEIRA, 2010).

A maior parte do solo concernente à bacia do rio Verde apresenta boa potencialidade agrícola. Na área, o relevo é plano e suavemente ondulado, com baixa disponibilidade de nutrientes e excesso de alumínio. Do ponto de vista ambiental, os solos se apresentam bastante degradados, o que se atribui ao uso intensivo e pouca ou nenhuma prática de técnicas de conservação (CUNHA et al., 2011).

A vegetação predominante é a da Floresta Ombrófila Mista Montana, com ocorrência ainda da Floresta Ombrófila Mista Aluvial associada à estepe, localmente denominada de Campos Edáficos, estando presentes em áreas caracterizadas pela saturação hídrica (KLEIN e HATSHBACH, 1962).

Como supramencionado, a bacia do rio Verde está sujeita a pressões relacionadas aos processos de urbanização em seu perímetro, através do crescimento das indústrias, do desenvolvimento do setor terciário e dos sistemas de transportes (CUNHA et al., 2011).

PARQUES PÚBLICOS URBANOS

As necessidades geradas no âmbito das relações humanas, tais como consumo, convivência, cultura, são diretamente proporcionais ao desenvolvimento econômico de cada sociedade, resultando, por sua vez, na organização das cidades. Esse aspecto é o que diferencia qualitativamente a ação humana sobre o ambiente: ela é socialmente determinada.

Na sociedade burguesa, preocupações econômicas constituem o tema principal da investigação social. Todas as outras considerações humanas são secundárias, de forma que a urbanização, como técnica e como ideologia, responde às demandas oriundas dessa vasta crise, já assinalada, da cidade (LEFEBVRE, 1969).

Dessa forma, a implementação da cidade sustentável passa, necessariamente, por um planejamento que leve em consideração, entre outros, os princípios ecológicos que estruturam e dinamizam as paisagens, devendo-se também avaliar as derivações da

natureza que o ser humano executa e que são, muitas vezes, incompatíveis com os limites e aptidões das paisagens (NUCCI et al., 2005).

Parques públicos urbanos são áreas verdes, com função ecológica, estética e de lazer, diferindo-se das praças e jardins públicos devido à sua extensão (MMA, s/d).

As áreas verdes urbanas são consideradas como o conjunto de áreas intraurbanas que apresentam cobertura vegetal, arbórea (nativa e introduzida), arbustiva ou rasteira (gramíneas) e que contribuem de modo significativo para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades. Essas áreas verdes podem estar presentes em áreas de preservação permanente, nos canteiros centrais, nas praças, parques, florestas e unidades de conservação urbanas, nos jardins institucionais e nos terrenos públicos não edificados (MMA, s/d).

De acordo com a resolução Conama nº 369, de 28 de março de 2006, as áreas verdes de domínio público – parques urbanos, são aqueles espaços de domínio público destinadas ao cumprimento das funções ecológica, paisagística e recreativa, por meio da melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização (CONAMA, 2006).

Macedo e Sakata (2003, p.14) definem parques urbanos como “espaços de uso público, destinados à recreação de massa, qualquer que seja o seu tipo, capazes de incorporar intenções de conservação e cuja estrutura morfológica é autossuficiente”.

Partindo dessa perspectiva, a cidade consiste em uma construção humana, um produto histórico-social, constituindo-se em um acúmulo de processos depredatórios. A forma como é organizada revela ações pretéritas, ao mesmo em que disponibiliza possibilidades à sua reestruturação e equilíbrio, nesse sentido, os parques urbanos constituem importantes ferramentas para a manutenção da qualidade da vida nos grandes centros antropizados.

GEOPROCESSAMENTO E ANÁLISE AMBIENTAL

Entende-se como geoprocessamento o conjunto de técnicas computacionais que opera sobre uma base de dados (que são registros de ocorrências) georreferenciados, para transformar em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante, a qual necessariamente deve apoiar-se em estruturas de percepção ambiental, proporcionando o máximo de eficiência nessa transformação, para, desse modo, acompanhar a rápida evolução da população e dos espaços por ela ocupados (SILVA, 2001).

A utilização das ferramentas do geoprocessamento para a análise de situações ambientais é reportada por Silva e Zaidan (2011), que esclarecem sobre a variada gama de aplicações, fornecendo subsídios para campos teóricos e práticos, nas diversas áreas do conhecimento, tais como Geociências, Biologia, Ecologia da Paisagem, Planejamento Urbano-Regional e Engenharia Ambiental.

Segundo Guerra e Cunha (2001, p.26), “a localização geográfica, a distância e os processos físico-químicos possuem influência direta sobre as formas de ocupação e de organização do espaço sobre o qual os grupos se confrontam o que torna constitucional o estudo multidisciplinar e dinâmico sobre essas áreas”.

Partindo dessa premissa, o conhecimento sobre o espaço não consiste no mero acúmulo de dados justapostos, pois a utilização das ferramentas de geoprocessamento permite a integração dessas informações dentro de uma única unidade de análise, pelo escopo da teoria dos sistemas. Segundo essa perspectiva, os ambientes, vistos como sistemas, atravessam sucessivas situações ambientais – no tempo e no espaço, em consequência da atuação dos processos que sobre eles convergem (SILVA, 2001).

Diante do disposto, acredita-se que a utilização do geoprocessamento através do uso das lógicas booleana e *fuzzy* contempla o objetivo de delimitação de áreas potenciais para a implantação de parques urbanos no perímetro da bacia do rio Verde.

AS LÓGICAS BOOLEANA E FUZZY

As pesquisas no ambiente são sempre mutáveis, apesar do momento registrado ter uma escala espaço-temporal definida. Segundo Ferreira e Simão (1986 apud SILVA, 1992), “a ciência ocorre em diferentes níveis: resolução, metodologia, pesquisa e enquadramento filosófico. Desta maneira, o geoprocessamento é visto como um produto do contexto científico, que serve como norte para a realidade”.

Silva (1992) trata os problemas ambientais como expressões territoriais e dinâmicas. E tem como premissas para a pesquisa ambiental as seguintes características: todo o fenômeno é passível de ser localizado; tem sua extensão determinável; está em constante alteração e, por fim, apresenta relacionamentos.

A matriz geográfica é proposta por Berry (1959) como um processo que trata das questões ambientais na forma de matriz, com classificação taxonômica e resolução espacial. A matriz em três dimensões constitui a essência conceitual dos SIGs.

Um procedimento dos mais praticados é aquele que usa operadores (BURROUGH, 1990), os quais permitem extrair a informação a partir de diversas variáveis

mapeadas. Esses operadores são regras algébricas baseadas nos atributos de pertinência espacial das entidades representadas na base de dados.

As combinações de atributos espaciais podem ser montadas sob a forma de trajetórias com bifurcações, denominadas *árvores binárias*, representando o caminho lógico de organização de um raciocínio relativo a uma determinada ocorrência de uma entidade ou evento ambiental. Silva (1992) defende ainda o uso da média ponderada, com um espaço classificatório ordinal (escala de intervalo).

Já a lógica *fuzzy* ou nebulosa, segundo Levine et al. (1988), tem o uso de conceitos inexatos, os quais se aproximam da complexidade da realidade. Os recursos do geoprocessamento aparecem como instrumentos que podem proporcionar as associações/sínteses/correlações entre as diferentes análises passíveis de realização por diferentes profissionais, assim como um modo de interligar os profissionais com a comunidade e instituições.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos adotados no presente trabalho consistiram na utilização de *shapefiles* do banco de dados geográficos referentes ao Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás de 2009 – Subprojeto: Geração da base de dados cartográficos, em parceria com a Universidade Federal do Paraná, realizados pelo Laboratório de Processamento Digital de Imagens e SIG (Lapigeo). O geoprocessamento dos vetores “uso do solo”, “declividade” e “represa da Petrobrás” foi realizado pelo *software* Idrisi Taiga (versão 16.03; 1987-1999), no qual foi possível a normalização destes mapas através das lógicas booleana e *fuzzy*, por meio da aplicação de funções de pertinências.

A definição de cada fator está relacionada ao grau de aptidão de determinadas áreas na implantação dos parques urbanos, levando em consideração sua real importância e adequabilidade para atingir o objetivo. Os critérios utilizados podem ser restrição ou fatores, sendo que um fator é um critério que realça ou atenua a adequabilidade da alternativa específica, e define áreas ou alternativas em termos de uma medida contínua de adequabilidade que varia de 0 a 255, definindo um grau de aptidão para o local. Já as restrições são limitadoras de alternativas.

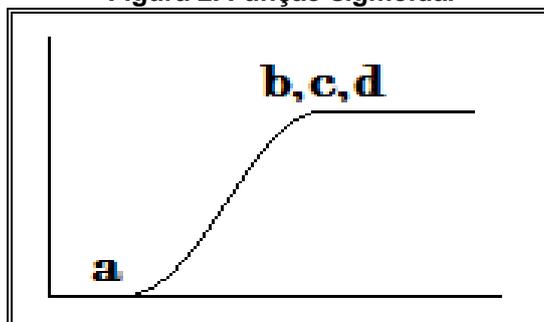
Para determinar áreas aptas à implantação de parques urbanos no perímetro da bacia do rio Verde, foram delimitadas algumas restrições quanto às possíveis localizações tanto para aplicação da lógica booleana, quanto a lógica *fuzzy*:

- a) Restrição 1: proximidade das áreas urbanas;
- b) Restrição 2: declividade de até 20%;
- c) Restrição 3: relativa distância da represa da Petrobrás;
- d) Restrição 4: área total superior a trinta mil m².

Fator Uso do solo

A partir do mapa de uso dos solos, foram extraídas as áreas urbanas estabelecidas na bacia do rio Verde, através da normalização do mesmo. As áreas mais próximas aos centros urbanos (até 5 km) foram selecionadas em ambas as lógicas aplicadas, entendendo que a distância de 5 km é aceitável para o acesso a estes parques. Sendo assim, esse mapa foi normalizado através de reclassificação. Tendo-se como base a lógica *fuzzy*, a curva escolhida foi a sigmoidal (Figura 2). A função sigmoidal (“s – moldado”) é, talvez, a mais comumente usada, sendo produzida por meio de uma função cosseno. Para a sua utilização são necessários quatro pontos, os quais regem a forma da curva ao longo do eixo X. Esses são indicados na curva como pontos *a*, *b*, *c* e *d* e representam os pontos de inflexão da curva do seguinte modo, assim, foram definidas as áreas não aptas como $a=0$ e as aptas como $b=255$:

Figura 2. Função sigmoidal



Fonte: Adaptado por Eastman (1998, p.186).

Fator Declividade

A finalidade do mapa de fator de declividade foi identificar as áreas mais íngremes, pois estas são as mais vulneráveis a processos intempéricos. Na lógica booleana foi utilizada a restrição de 20% de declividade. Já para a normalização desse mapa utilizando da função *fuzzy* sigmoidal monotônica crescente (Figura2), reclassificou-se todos os valores que possuíam declividade superior a 20%, pois a partir dessa inclinação os processos se agravam, inviabilizando a implantação do parque urbano nessas áreas.

Fator proximidade represa Petrobrás

O mapa de distância da represa da Petrobrás foi aplicado para excluir as áreas próximas a represa, pois esta impõe restrições para o uso do local, dessa forma, as regiões onde a represa está instalada foram removidas em ambas as lógicas para que não ocorressem conflitos de uso.

Fator área total superior a 30 mil m²

O objetivo da elaboração de um mapa com a exclusão de áreas que apresentam extensão maior a 30 mil m² foi aplicado com a finalidade de exclusão de grandes extensões de terras e a necessidade do parque urbano atender sua função de lazer junto à população residente próximo à malha urbana.

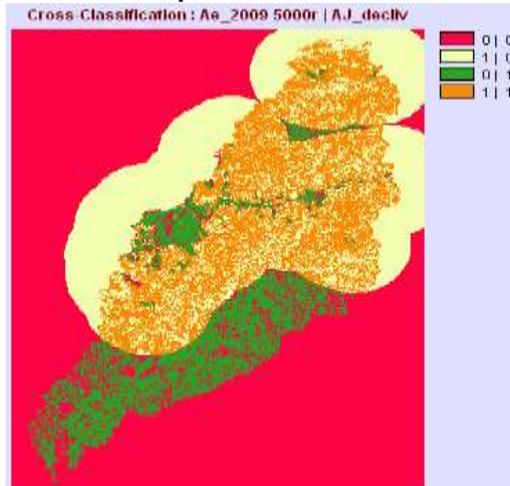
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos após a geração dos mapas de restrições mostram como cada fator interfere no resultado do mapa final. Por exemplo, diversos mapas de fatores possuem uma alta adequabilidade para as áreas próximas ao município de Campo Largo/PR, nesse sentido, espera-se que no mapa final essa área possua uma alta adequabilidade para a implantação dos parques urbanos.

Lógica booleana

Por meio da utilização do *layer* “uso da terra” e a lógica booleana, foram extraídos apenas as áreas correspondentes às manchas urbanas. Em seguida, para a criação de um novo *layer*, um *buffer* foi aplicado para delimitar áreas de até cinco quilômetros como aptas à instalação do parque. Com o auxílio da ferramenta *Overlay* foi gerado um novo *layer* mediante o cruzamento das informações do *layer* de declividade com o *layer* das áreas aptas de até cinco quilômetros das manchas urbanas. Com este fator foi possível identificar a região nordeste da Bacia do Rio Verde como área mais propícia a implantação do parque urbano pela proximidade com a área urbana.

Figura 3. Imagem gerada pelo cruzamento dos mapas de declividade com a delimitação de áreas em até cinco quilômetros das manchas urbanas

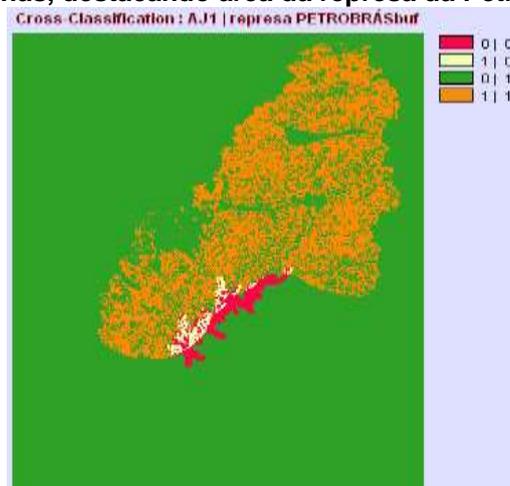


Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

Já a Figura 3 apresenta o resultado do cruzamento das informações das áreas urbanas propícias a implantação com o mapa de declividade. O resultado encontrado na cor laranja (1-1) representa as áreas de até cinco quilômetros das manchas urbanas e com declividade de 3 a 20%, indicando áreas menos íngremes e conseqüentemente com menor vulnerabilidade a processos intempéris.

Por meio da ferramenta *Crosstab*, procedeu-se ao cruzamento das informações do *layer* da represa da Petrobrás com o *layer* final do passo anterior para cumprir o critério da não instalação do parque próximo à área da represa. A Figura 4 apresenta a área da represa da Petrobrás ao sul da área apta que, por meio de um novo *reclass*, foi excluída.

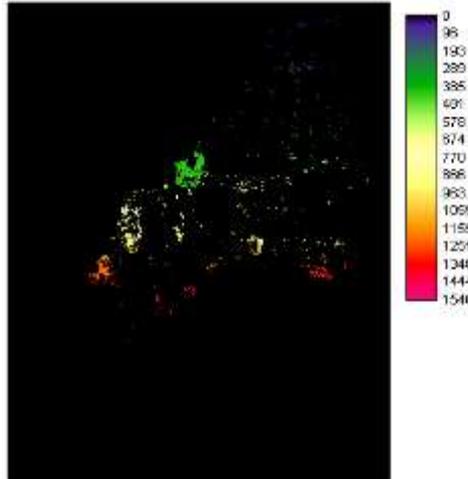
Figura 4. Imagem gerada com ênfase nas áreas próximas cinco quilômetros das manchas urbanas, destacando área da represa da Petrobrás



Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

Utilizando a ferramenta *Group*, agruparam-se as áreas homogêneas apresentadas como resultado dos cruzamentos anteriores (Figura 5).

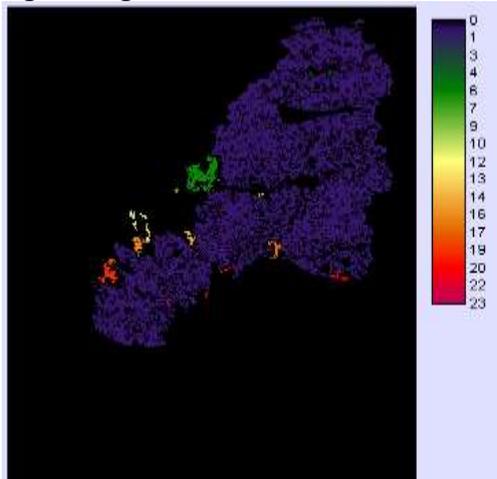
Figura 5. Imagem originada do agrupamento - restrição número 4: áreas maiores de trinta mil metros quadrados



Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

Atendendo ao critério de áreas contendo no mínimo trinta mil m², executou-se a sua reclassificação, excluindo-se os polígonos menores. Novamente com o auxílio da ferramenta *Group*, obteve-se a identificação das áreas homogêneas. Como resultado, foi identificada uma grande área homogênea que não serviria para a instalação do parque. Diante disso, procedeu-se com novo *reclass* para excluí-la (Figura 6).

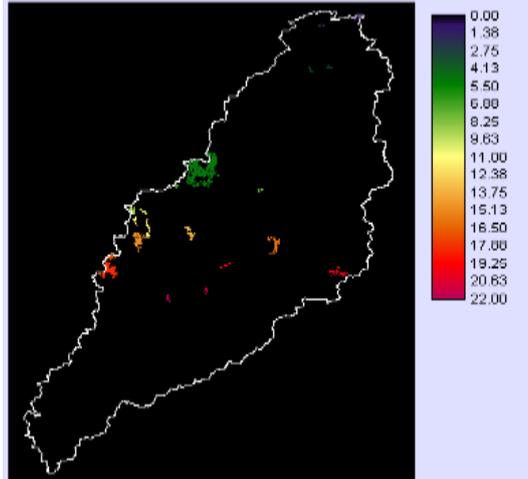
Figura 6 – Imagem originada atendendo à das áreas homogêneas



Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

Com a exclusão de uma das áreas, observou-se a necessidade de utilizar a ferramenta *Assign* para reorganizar as classes de áreas aptas à construção do parque, gerando, assim, o *layer* final com um total de 22 áreas que atendem aos critérios preestabelecidos. Como resultado final, obteve-se a seguinte imagem (Figura 7):

Figura 7 – Imagem final, lógica booleana, com 22 áreas aptas à criação de parques urbanos



Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

Lógica fuzzy

No emprego da lógica fuzzy para a determinação das áreas aptas para a implantação dos parques urbanos, o *layer* “uso da terra” somente as áreas correspondentes às manchas urbanas foram utilizadas. Assim, foi criado um *buffer* para delimitar áreas de até cinco quilômetros dessas manchas como aptas à instalação do parque. Foram definidas as áreas não aptas como $a=0$ e as aptas como $b=255$. A Figura 8 mostra em preto as áreas não aptas, e em rosa as áreas aptas à implantação dos parques.

Figura 8 – Áreas de até cinco quilômetros das manchas urbanas

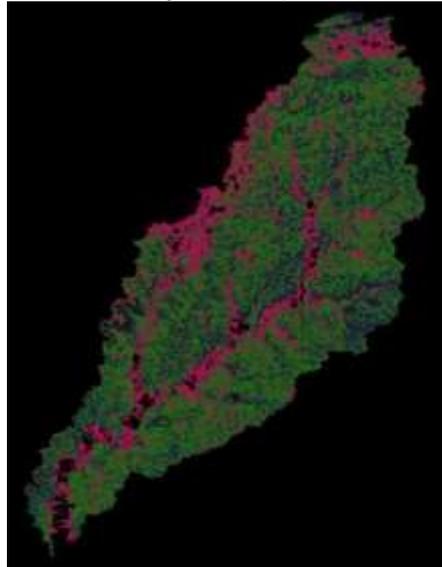
Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

No segundo passo, foi utilizado o *layer* de declividade. Primeiramente, foram dados pesos para as áreas, dependendo de quais eram mais aptas que as outras, sendo que as áreas mais aptas para a instalação dos parques estavam com declividade em torno de 20%, devido ao fato de que áreas com altas declividades tendem a ser mais vulneráveis a ações intemperes. Também foi utilizada a lógica *fuzzy* com curva sigmoideal (Figura 7) para gerar o mapa das áreas de declividade.

Os pesos utilizados para a produção do mapa de declividade foram ajustados em função dos objetivos desta pesquisa, de modo que 0 indica áreas menos suscetíveis e 255 mais suscetíveis, admitindo valores intermédios. Abaixo são mencionados os pesos usados e o mapa de declividade pode ser observado na figura 9.

a=0 ;b=25; c=100 ;d=255

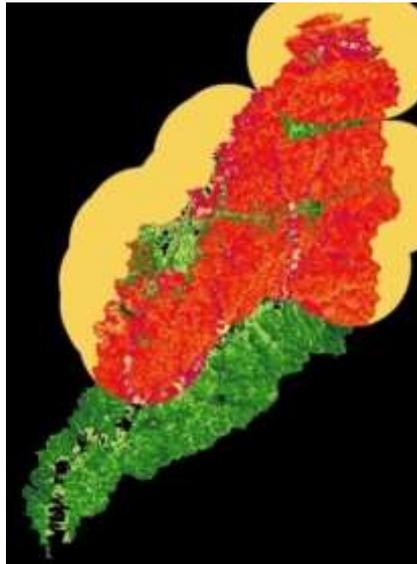
Figura 9. Imagem gerada com a utilização do *layer* declividade e pesos na lógica *fuzzy*



Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

Após delimitada a área de declividade mais adequada para a implantação dos parques urbanos, procede-se a um cruzamento do *layer* de declividade com o *layer* de *buffer* dos cinco quilômetros das manchas urbanas. Esse cruzamento foi efetuado por meio da ferramenta *Crosstab*, dando origem à Figura 10, onde pode-se observar que a região nordeste da bacia do rio Verde é área mais favorável.

Figura 10. Cruzamento das áreas de até cinco quilômetros das manchas urbanas com o *layer* de declividade



Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

Depois foi inserido o *layer* da represa da Petrobrás que, por meio de um *reclass*, foi excluído das áreas que ocupavam esta região. Atendendo ao critério de áreas contendo no mínimo trinta mil metros quadrados, procedeu-se à reclassificação dessas, excluindo as menores, totalizando 27 áreas aptas à instalação de parques urbanos na bacia do rio Verde (Figura 11).

Figura 11. Áreas aptas à criação de parques de no mínimo trinta mil metros quadrados



Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

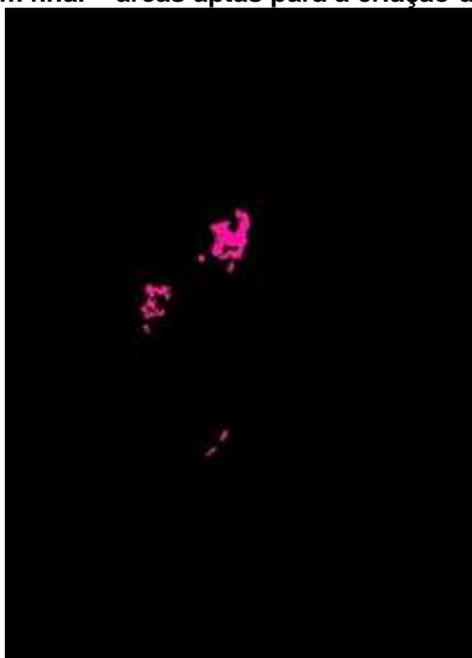
Assim como na lógica booleana, foi empregada a ferramenta *Group* e agrupadas as áreas homogêneas apresentadas como resultado dos cruzamentos anteriores. Para validar os fatores escolhidos para as restrições da área da bacia do rio Verde foi empregado o módulo *Weight*, que usa uma técnica de comparação pareada para desenvolver um conjunto de pesos de fatores. As comparações referem-se à importância dos dois fatores na determinação de sua aptidão para o objetivo determinado. O módulo informa os novos pesos juntamente com uma razão de consistência. A razão de consistência tem a intenção de instruir o usuário sobre quaisquer inconsistências ocorridas durante o processo de comparação pareada, sendo que a matriz utilizada para esse cálculo está representada a seguir. Para o cálculo dos pesos resultantes, foram encontrados: Urbfuzzy: 0,1047; Dec_fuzzy: 0,6370; Represa_fuzzy: 0,2583 e a consistencyratio = 0,03 (aceitável).

Tabela 1. Pesos de importância relativa

	Urb_fuzzy	Dec_fuzzy	Represa_fuzzy
Urb_fuzzy	1		
Dec_fuzzy	5	1	1
Represa_fuzzy	3	1/3	

Fonte: Software IdrisiTaiga (versão 16.03; 1987-1999).

No resultado da lógica *fuzzy* também foi observada uma grande área homogênea (Figura 11) que não serviria para instalação do parque. Diante disso, procedeu-se com novo *reclass* para excluí-la, conforme indicado na Figura 12, sendo que as áreas em preto não são aptas à implantação de parques urbanos e as áreas em rosa sim.

Figura 12 – Imagem final – áreas aptas para a criação de parques urbanos

Fonte: Adaptado do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas no Reservatório Rio Verde/Petrobrás (2009).

Alguns autores utilizam as lógicas booleana e *fuzzy* combinadas com métodos de comparação, para encontrar áreas adequadas a diversos fins, tais como: Oliveira et al. (2014), que estudaram a criação de um zoneamento para um parque estadual; Calijuri et al. (2002), que estudaram áreas para implantação de aterro sanitário; Caixeta et al. (2012), que mapearam as áreas susceptíveis a movimentos de massa; e Franco et al. (2013), que estudaram as áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente.

CONCLUSÕES

Para tanto, tais metodologias são desenvolvidas utilizando-se ferramentas de um SIG, o qual possibilita usar os modelos de análise espacial para traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas. O uso de um SIG está relacionado à seleção de variáveis de análise e o estudo de suas combinações. São tentativas de representação simplificada da realidade, através da seleção dos aspectos mais relevantes na busca de respostas sobre correlações e comportamentos de variáveis ambientais.

Dessa forma, os dois modelos aplicados apresentam diferenças em sua concepção, sendo que uma das maiores diferenças entre as lógicas estudadas é justamente a possibilidade de considerar as incertezas inerentes aos dados ambientais. Isso se torna importante, haja vista as diversas fontes de incerteza em uma base de dados espaciais com informações ambientais, como é o caso da bacia do rio Verde.

A utilização das ferramentas empregadas pelo geoprocessamento, por meio dos SIGs e aplicação das lógicas booleana e *fuzzy* proporcionou a demarcação satisfatória de áreas propícias à implantação de parques urbanos no perímetro compreendido pela bacia do rio Verde.

A lógica booleana, que permite apenas definir o que é verdadeiro ou falso, pode gerar algumas dúvidas, as quais são mais bem tratadas com o uso de uma abordagem da lógica *fuzzy*. As análises efetuadas mostraram que a definição das incertezas nos resultados, apesar de ser um fator importante nesse tipo de análise espacial, não mostrou diferenças significativas para a avaliação.

Em relação à utilização da lógica *fuzzy*, houve um aumento nas áreas de interesse devido a maior maleabilidade dos limites, enquanto que na lógica booleana os limites são fixos, mas, principalmente, puderam ser definidas as prioridades de uma forma mais segura.

REFERÊNCIAS

BERRY, B. A note concerning methods classification. **Annals of the Association American Geographers**, Washington, v.48, p. 300-303, 1959.

BRASIL. **Lei n. 10.257**, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Lex, 2001.

- BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1990.
- CAIXETA, P. R. C.; PIMENTA, D. F. N.; AMARAL, R. V. do; SCHAEFER, C. E. Análise multicritério (MCE) aplicada ao mapeamento de áreas susceptíveis a movimentos de massas na área urbana de Viçosa-MG. In: Simpósio brasileiro de ciências geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 9, 2012, Recife. **Anais...** Recife-PE: 2012. p. 1-9.
- CALIJURI, M. L.; MELO, A. L. O; LORENTZ, J. F. **Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão**. Revista de Informática Pública. Belo Horizonte-MG: v. 4, n. 2, p. 23-250, 2002.
- CANEPARO, S.; PASSOS, E.; MURATORI, A. et al. Identificação de riscos ambientais na Bacia do Rio Verde – RMC – PARANÁ, BRASIL, por meio de um sistema de informação geográfica. **Revista Geográfica de América Central – EGAL**, Costa Rica, n. esp. p. 1-16, 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/download/2003/1903>>. Acesso em: 14 ago. 2013.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 369 de 28 de março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em: 15 ago 2013.
- CORREA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 2002.
- CUNHA, C. L. N.; CARNEIRO, C.; GOBBI, E. F., ANDREOLI, C. V. **Eutrofização em reservatórios: gestão preventiva – estudo interdisciplinar na Bacia do Rio Verde**, PR. Curitiba: Editora UFPR, 2011.
- EASTMAN, R. (1998) - **Idrisi for Windows: Introdução e Exercícios Tutoriais – Versão 2**. Tradução: Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS - Centro de Recursos Idrisi.
- FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B.T.; MORAES, J. F. L. de. O uso da análise multicritério para a definição de áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente (APP), no noroeste paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu-PR: 2013. 3366-3373.
- GUERRA, A.; CUNHA; S. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2001.
- KLEIN, R. M. & HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores (PR). **Bol. da Univ. Paraná**, Geografia Física, (4): 1-29, 1962.
- LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. São Paulo: Documentos, 1969.
- LEVINE, R. I.; DRANG, D. E.; EDELSON, B. **Inteligência artificial e sistemas especialistas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.
- LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Porto Alegre: Bookmann, 2013.

MACEDO, S.; SAKATA, F. **Parques urbanos no Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Parques e áreas verdes**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/item/8051>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

NUCCI, J.; KROKER, R.; SCHMIDT, E. et al. Mapeamento da qualidade ambiental urbana. **Anais** do International Congress on Environmental Planning and Management – Environmental Challenges of Urbanization. Brasília: PUC, 2005. Disponível em: <[http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/NUCCI%20et%20al%20\(2005\).pdf](http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/NUCCI%20et%20al%20(2005).pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2013.

OLIVEIRA, W. C. F. Determinação de risco ambiental na drenagem fluvial da bacia do Rio Verde -PR- através do uso de Sistemas de Informação Geográfica. Curitiba. **Dissertação de Mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Paraná, 2010, 184p.

OLIVEIRA, F. B.; OLIVEIRA, C. H. R.; LIMA, J.S.S.; RIBEIRO FILHO, R.B. MIRANDA, M.R.; NEVES, L.Z.; FERRAZ, F. **Aplicação de geoprocessamento e lógica fuzzy para a criação de zoneamento no parque estadual da cachoeira da Fumaça/ES para fins de conservação**. Revista Brasileira de Cartografia, nº 66/3 p.545-554. 2014.

SILVA, J. X. da. Geoprocessamento e análise ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3,p. 47-61, 1992.

SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: J.Xavier Silva, 2001.

SILVA, J.X. da; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SILVA, J. X. da; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2011.

Recebido em 15/01/2014

Aceito em 23/06/2015