



VI-103 - IDENTIFICAÇÃO DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE DISTRITO INDUSTRIAL POR MEIO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

Victor Pioltine⁽¹⁾

Engenheiro Hídrico pela Universidade Federal de Itajubá. Mestrando em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Marcelo Montaña

Engenheiro Mecânico, Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento e do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da EESC/USP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Marechal Deodoro, 1416 – Centro – São Carlos – SP – CEP: 13560-200 – Brasil – Tel: (16) 3412-7164 – email: victor@sc.usp.br

RESUMO

Inserido no contexto do planejamento ambiental sustentável, as técnicas de geoprocessamento através de ferramentas computacionais denominados Sistemas de Informação Geográfica (SIG), têm sido de grande importância por possibilitarem uma análise abrangente diante de inúmeros fatores que contribuem para o aumento da complexidade do planejamento. No que se refere à seleção de áreas aptas para a instalação de atividades humanas, o planejamento do uso e ocupação do solo é realizado com base em uma análise de múltiplos critérios, avaliando-se diversas variáveis inerentes ao problema. Trata-se de uma abordagem que vem contribuir para o processo de planejamento, oferecendo suporte às decisões tomadas. A área de estudo foi o município de São Carlos e foram utilizados os mapas georreferenciados cedidos gentilmente pela biblioteca do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Os resultados mostraram que os critérios adotados para geração do mapa final de alternativas locais para um distrito industrial em São Carlos – SP mostraram-se totalmente coerente e a utilização do SIG mostrou-se adequado ao objetivo proposto, sendo uma importante ferramenta para que os planejadores tomem decisões balizadas em seus aspectos técnicos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise ambiental, Sistemas de Informação Geográfica, localização de atividades

INTRODUÇÃO

O início do século XXI tem sido marcado pela busca da sustentabilidade e pela crescente conscientização da necessidade de se utilizar de forma mais racional os recursos naturais disponíveis, visando à diminuição dos desequilíbrios ambientais que assolam a sociedade (MEDINA et al., 2007).

Inserido neste contexto do planejamento ambiental sustentável, as técnicas de geoprocessamento através de ferramentas computacionais denominados Sistemas de Informação Geográfica (SIG), têm sido de grande importância, uma vez que possibilita uma análise holística diante de inúmeros fatores que contribuem para o aumento da complexidade do planejamento. Segundo (NUNES et al., 2006), dentro do planejamento ambiental há quatro grandes dimensões quanto ao uso dos Sistemas de Informação Geográfica: mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação de impacto ambiental e ordenamento territorial.

No contexto do ordenamento territorial, no qual está inserido o planejamento do uso e ocupação do solo, vale ressaltar que este é um processo de apoio à administração urbanística, através do qual se elaboram modelos normativos específicos denominados planos (PARDAL, 1993 apud PÉRICO; CEMIN, 2006).

No que se refere à seleção de áreas aptas ou não aptas para a instalação de um distrito industrial, o planejamento do uso e ocupação do solo é de natureza multi-criterial, no sentido que é necessário a avaliação de diversas variáveis inerentes ao problema. Para que esta seleção seja efetuada segundo critérios técnicos rigorosos, faz-se necessário a utilização de critérios de restrição e de fator, sendo que restrições limitam possíveis alternativas que estão sendo consideradas na análise e fatores acentuam ou diminuem a aptidão de uma determinada alternativa para o objetivo do estudo.

Diante do exposto acima, este trabalho tem por objetivo a determinação de áreas com diversos graus de aptidão para a instalação de um distrito industrial no município de São Carlos (SP), utilizando a avaliação de diversos critérios subsidiadas pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

MATERIAIS E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de São Carlos, está localizado nas coordenadas geográficas 22°01'10" S e 47°53'38" W. Possui como municípios limítrofes Luis Antonio, Rincão, Santa Lucia, Ribeirão Bonito, Brotas, Itirapina, Descalvado, Analândia, Américo, Brasiense, Ibaté e Araraquara. Sua população é estimada em 212.956 habitantes, segundo dados fornecidos pelo IBGE.

O mapa da figura 1 mostra a localização do município de São Carlos dentro do Estado de São Paulo.



Figura 1: Localização do município de São Carlos dentro do Estado de São Paulo.
(http://www.maisinterior.com.br/saocarlos/v4_geografia.asp)

Quanto às unidades de gerenciamentos dos Recursos Hídricos, o território do município está incluso aproximadamente 40% na UGRHI 13 (Tietê - Jacaré) e 60% na UGRHI 9 (Mogi-Guaçu).

A figura 2 mostra a localização da UGRHI Tietê - Jacaré (13) e Mogi-Guaçu (9)



Figura 2: Localização das Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo - <http://www.comitepcj.sp.gov.br>



Segundo (SÉ, 1992 apud MONTAÑO, 2002, p. 33), o clima da região é o Tropical de Altitude com verões chuvosos e invernos secos, caracterizando aproximadamente seis meses quentes e seis meses frios e secos. Possui temperaturas médias máximas em 27° e mínima 16°. A precipitação pluviométrica esta em torno de 1.500 mm anuais

MATERIAIS

Para determinação de áreas mais aptas ou menos aptas para a instalação de um distrito industrial no município de São Carlos, foram utilizados os seguintes mapas georreferenciados que foram gentilmente cedidos pela biblioteca do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Esses mapas são:

- Topografia, contendo a curvas de nível de 20 em 20 metros;
- Hidrografia, contendo o rio Mogi-Guaçu, reservatórios e os cursos d'água presentes dentro dos limites do município.
- Rede viária, contendo as principais rodovias e acessos;
- Malha Urbana;
- Geologia;
- Pedologia; e
- Vegetação nativa;

Utilizou-se também o software Idrisi for Windows, versão 132.2, para a manipulação dos dados de entrada e geração dos mapas finais. Este software foi desenvolvido pelo Graduate School of Geography, da Clark university, Massachusetts.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a determinação da correta localização de um distrito industrial faz-se necessário a adoção de critérios restritivos de modo a separar as áreas que podem ter algum grau de aptidão daquelas que não possuem aptidão nenhuma. Neste trabalho, foram adotados os seguintes critérios restritivos: Áreas de preservação permanente (APPs) mata nativa e área urbana.

Foram utilizados também os seguintes fatores de critério para a obtenção das áreas com mais ou menos aptidão para a locação do distrito industrial: declividade, pedologia, geologia, hidrografia e rede viária.

De posse dos mapas georreferenciados, dos critérios restritivos e dos fatores de critérios, deu-se início a confecção dos mapas de modo a determinar áreas com maior, menor e aptidão nula para a instalação de um distrito industrial. As etapas que foram realizadas até determinar o mapa final de aptidão para a instalação de um distrito industrial no município de São Carlos, e serão mostradas nos itens a seguir:

a) GERAÇÃO E RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA DE DECLIVIDADE

Inicialmente, gerou-se o Modelo Digital de Elevação – MDT – a partir do mapa topográfico com curvas de nível de 20 em 20 metros. Para isto, utilizou-se o módulo INTERPOL. Feito isto, gerou-se o mapa de declividade em porcentagem utilizando o módulo SLOPE. O mapa de declividade foi reclassificado nos seguintes intervalos de declividade e de acordo com as seguintes aptidões para instalação do distrito industrial:

- 0 a 5%: Alta aptidão;
- 5% a 10%: Média aptidão; e



- Maior que 10%: Baixa aptidão.

Tais intervalos de declividade foram estabelecidos tendo como base os trabalhos realizados por Ranieri (2000) que considerou o intervalo de 0 a 2% como sendo muito alto e de 2% a 5% como sendo alto, e também por (PÉRICO; CEMIN, 2006) que consideraram intervalos diferentes, porém próximos dos intervalos adotados.

b) RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA PEDOLÓGICO

Para a instalação de um distrito industrial, os solos que apresentam maior resistência à erosão possuem maior aptidão (PÉRICO; CEMIN, 2006). Diante disso, o mapa pedológico foi reclassificado de acordo com o teor de argila, que segundo (RANIERI, 2000) é um dos principais fatores que determinam erodibilidade do solo. O mapa pedológico foi reclassificado utilizando o módulo RECLASS. Além dos trabalhos citados acima, utilizou-se também como base de informação, a carta de potencial à erosão laminar (CORRÊA; ALVES; BENDA; 2007).

- Alto potencial:
 - Nitossolo
 - Gleissolo
 - Neossolos
 - Latossolo Distrófico
 - Latossolo Vermelho
 - Latossolo Vermelho-Amarelo
- Baixo potencial:
 - Argissolo
 - Latossolo Eutrófico

c) RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA GEOLÓGICO

Em relação ao mapa geológico, foi utilizada a reclassificação proposta por Ranieri (2000), uma vez que o estudo realizado pelo referido autor foi em uma área vizinha ao município de São Carlos. Foi utilizado como base também, os valores de aptidão utilizados por (PÉRICO; CEMIN, 2006). A reclassificação foi do mapa geológico foi realizado utilizando o módulo RECLASS, e ficou estabelecido como sendo:

- 1: Alto potencial
 - Bauru
 - Serra Geral
 - Corumbataí
- Baixo potencial
 - Aluviões
 - Botucatu
 - Pirambóia

d) GERAÇÃO E RECLASSIFICAÇÃO DOS MAPAS HIDROGRÁFICOS E DE RESERVATÓRIOS

Quanto à rede hidrográfica, inicialmente transformou os arquivos vetoriais em imagens raster. Esse procedimento foi realizado para o mapa com os cursos d'água, para o mapa com o rio Mogi-Guaçu e para o mapa que continha os reservatórios d'água. Para realizar esta transformação, realizou-se os seguintes passos:

1. Inicialmente utilizou-se o módulo INITIAL para a geração de uma imagem inicial. Nesse módulo foi definido as características iniciais da imagem raster a ser criada;



2. Utilizando o módulo LINERAS, ocorre a conversão da imagem vetorial sobre a imagem inicialmente criada com o módulo INITIAL.

Este procedimento foi realizado para os três mapas de hidrografia. Foi utilizado o módulo OVERLAY para colocar em um mapa só todos os mapas de hidrografia. Feito isso, utilizou-se o módulo DISTANCE para gerar uma imagem digital de distância. Depois de gerado o mapa de distâncias, tratou-se de reclassificar cada imagem segundo a Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002, que determina como Área de Preservação Permanente a faixa marginal de 200 metros medida a partir do nível mais alto do curso d'água. Logo reclassificou-se da seguinte maneira os mapas dos cursos d'água e dos reservatórios:

- Valor zero (aptidão nula) para as distâncias compreendidas entre 0 e 200 metros de cursos
- Valor 1 (alguma aptidão) para as distâncias maiores que 200 metros

Com isso, pode-se perceber que áreas inferiores a 200 metros dos recursos hídricos não podem de forma nenhuma possuir aptidão para a instalação de um distrito industrial.

e) GERAÇÃO E RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA DA REDE VIÁRIA

Para o mapa da rede viária, como inicialmente estava em forma vetorial, transformou-se para arquivo raster conforme descrito no item anterior. Uma vez a rede viária em arquivo raster, gerou-se uma mapa de distâncias utilizando o módulo DISTANCE. A reclassificação desse mapa foi feita da seguinte forma:

- Alto potencial: Para áreas que estejam entre 0 e 4 quilômetros de distância da rede viária;
- Médio Potencial: Para áreas que estejam entre 4 a 8 quilômetros de distância da rede viária;
- Baixo potencial: Para áreas que estejam a distâncias superiores a 8 quilômetros de distância da rede viária.

f) GERAÇÃO E RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA COMPARATIVO ENTRE DECLIVIDADE E PEDOLOGIA

A partir das imagens georreferenciadas iniciais realizou-se a reclassificação das mesmas, como mostrado nos itens anteriores, com o intuito de separar as diversas informações sobre a área de estudo e utilizá-las de forma conveniente.

A partir das imagens reclassificados da declividade e da pedologia, utilizou-se o módulo CROSSTAB para gerar um mapa de comparação entre declividade e pedologia. Este mapa de comparação foi reclassificado segundo a matriz de decisão, mostrado na tabela 1.

Tabela 1: Matriz de decisão para reclassificação do mapa comparativo entre declividade e pedologia

Declividade reclassificada	Pedologia reclassificada	
	1-Alto potencial	2-Baixo potencial
1-Alto potencial	Alto potencial	Baixo potencial
2-Médio potencial	Médio potencial	Baixo potencial
3-Baixo potencial	Baixo potencial	Baixo potencial

O mapa final resultante da comparação entre declividade e pedologia, possuía as aptidões altas, médias, baixas e nulas, para a instalação do distrito industrial.

**g) GERAÇÃO E RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA COMPARATIVO ENTRE DECLIVIDADE, PEDOLOGIA E GEOLOGIA**

Utilizando o módulo CROSSTAB, gerou-se um mapa de comparação entre o mapa gerado no item f com o mapa de geologia reclassificado. Gerado esse mapa, utilizou-se a matriz de decisão mostrada na tabela 2 para reclassificá-lo.

Tabela 2: Matriz de decisão para reclassificação do mapa comparativo entre declividade, pedologia e geologia

Declividade e pedologia	Geologia reclassificado	
	1-Alto potencial	2-Baixo potencial
1-Alto potencial	Alto potencial	Baixo potencial
2-Médio potencial	Médio potencial	Baixo potencial
3-Baixo potencial	Baixo potencial	Baixo potencial

O mapa final resultante da comparação entre declividade, pedologia e geologia, possuía as aptidões altas, médias, baixas e nulas, para a instalação do distrito industrial.

h) GERAÇÃO E RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA COMPARATIVO ENTRE DECLIVIDADE, PEDOLOGIA, GEOLOGIA E HIDROGRAFIA

Utilizando o módulo OVERLAY, gerou-se um mapa de comparação entre o mapa gerado no item g com o mapa de hidrografia reclassificado. No módulo OVERLAY configurou-se para que o mapa do item g fosse multiplicado pixel a pixel pelo mapa de hidrográfica reclassificado, que continha somente os valores 0 (áreas dentro da faixa de 200 metros de distancia dos recursos hídricos, representando aptidão nula) e 1 (áreas com distancia maiores que 200 metros dos recursos hídricos, representando alguma aptidão).

O mapa final gerado nesta etapa continha as aptidões altas, médias, baixas e nulas para a instalação do distrito industrial. Nesta etapa foi apenas atribuída aptidão nula para as áreas pertencentes a uma distancia inferior a 200 metros dos cursos d'água e reservatórios.

i) GERAÇÃO E RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA COMPARATIVO ENTRE DECLIVIDADE, PEDOLOGIA, GEOLOGIA, HIDROGRAFICA E REDE VIÁRIA

O mapa da rede viária foi reclassificado, conforme mostrado no item e, segundo as aptidões alta, média e baixa, que correspondia respectivamente as distancia entre 0 e 4 km, 4 km e 8 km e maiores que 8 km.

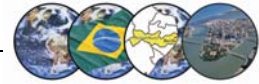
Nesta etapa, comparou-se o mapa da rede viária reclassificado com o mapa gerado no item h, para isso utilizou-se o módulo CROSSTAB para a realização de um mapa comparativo. Tal mapa foi reclassificado conforme a matriz de decisão mostrada na tabela 3.

Tabela 3: Matriz de decisão para reclassificação do mapa comparativo entre o mapa do item 2.3.8 e o mapa da rede viária reclassificado

Declividade, pedologia e geologia	Rede viária reclassificado		
	1-Alto potencial	2-Médio potencial	3-Baixo potencial
1-Alto potencial	Alto potencial	Médio potencial	Baixo potencial
2-Médio potencial	Médio potencial	Médio potencial	Baixo potencial
3-Baixo potencial	Baixo potencial	Baixo potencial	Baixo potencial

j) GERAÇÃO DO MAPA FINAL DE APTIDÕES DESCONTANDO ÁREAS COM VEGETAÇÃO NATIVA

O mapa gerado no item i deve ser descontado das áreas com vegetação nativa dentro do limite do município de modo a fornecer às áreas com aptidões altas, medias e baixas para a instalação de um distrito industrial. Para tal tarefa, inicialmente transformou-se o mapa de vegetação nativa para uma imagem raster. O processo de conversão foi explicado no item d. Convertido para raster reclassificou-se essa imagem de modo que as áreas com vegetação nativa tivessem valor 0 e as demais áreas tivessem área 1. Desse modo, utilizou-se o módulo OVERLAY para multiplicar a imagem de vegetação nativa com o mapa gerado no item i.



Feito isso, o mapa gerado, é o mapa de aptidão final para a instalação de um distrito industrial no município de São Carlos.

O diagrama da figura 3 mostra de forma resumida os aspectos metodológicos considerados e as etapas realizadas.

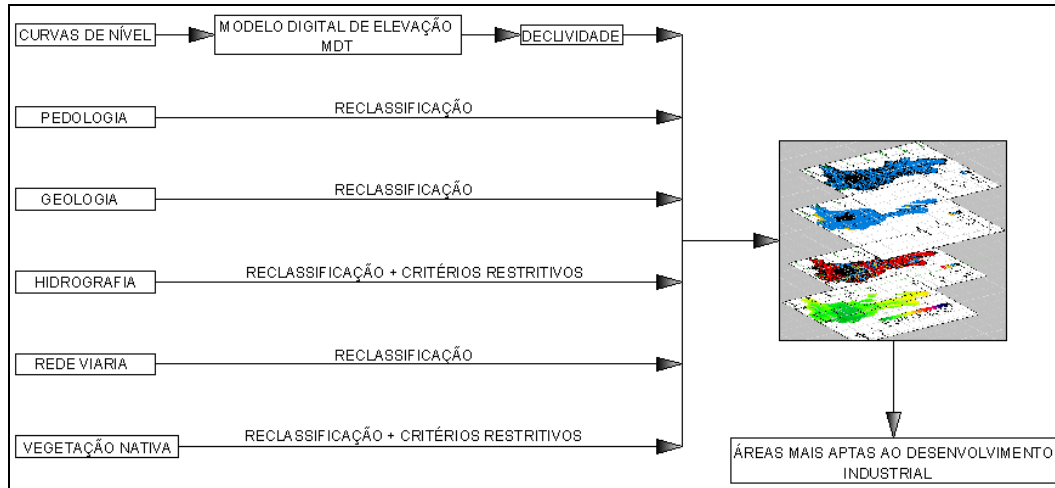


Figura 3: Resumo dos aspectos metodológicos

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os mapas confeccionados nas etapas dos itens anteriores, sendo que na última etapa o mapa gerado representa as aptidões finais para a instalação do distrito industrial.

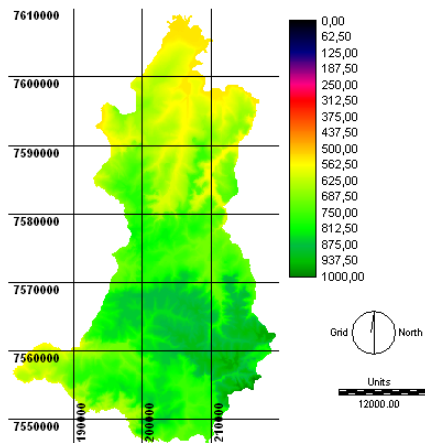


Figura 4: Modelo Digital de elevação

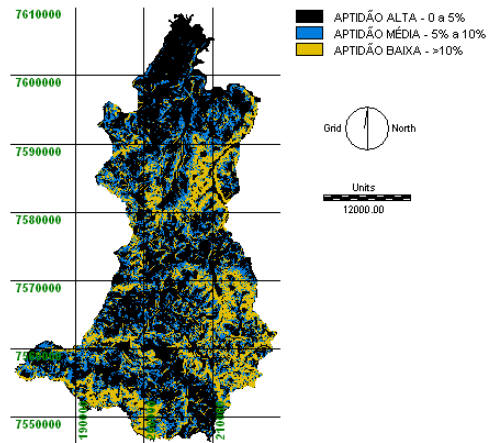


Figura 5: Mapa de declividade reclassificado

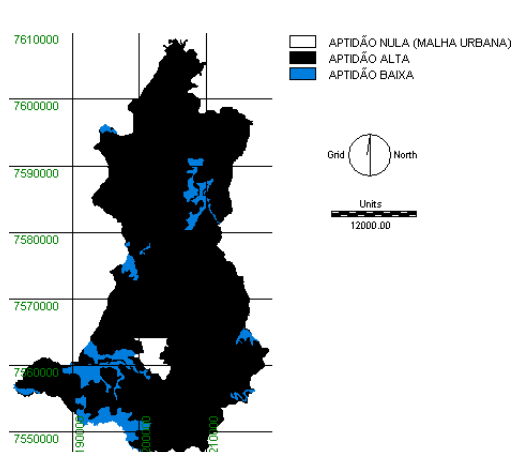


Figura 6: Mapa de pedologia reclassificado

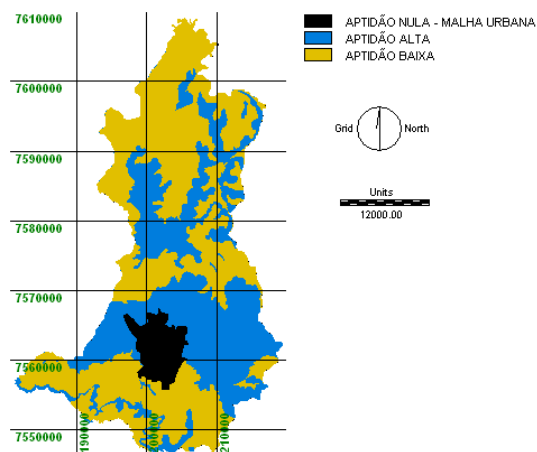


Figura 7: Mapa de geologia reclassificado

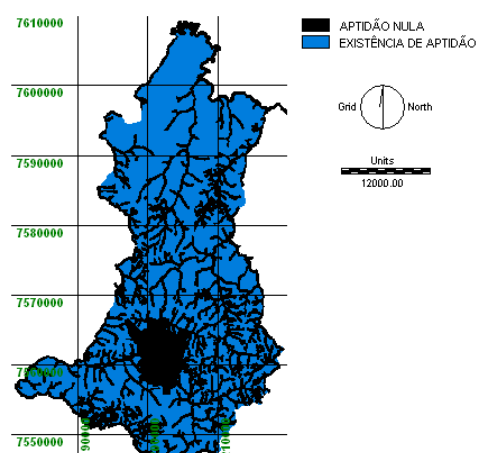


Figura 8: Mapa hidrográfico reclassificado

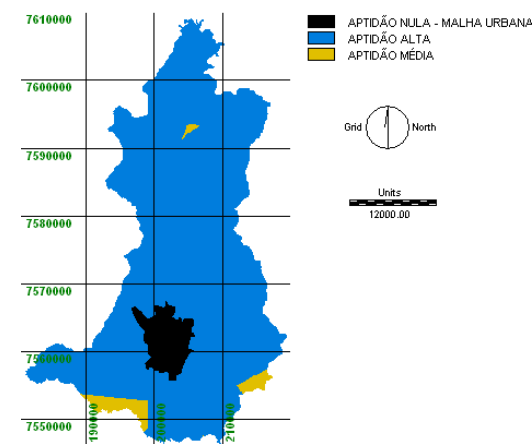


Figura 9: Mapa da rede viária reclassificado

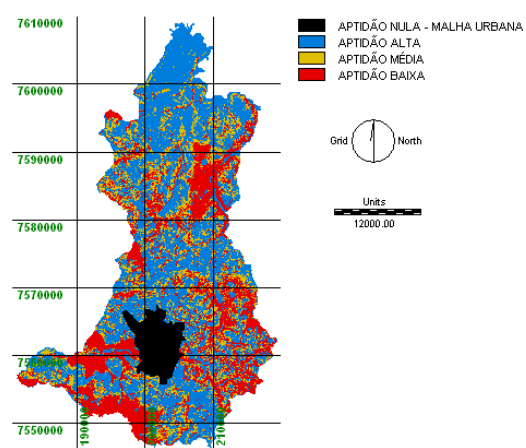


Figura 10: Mapa referente aos fatores de declividade e pedologia

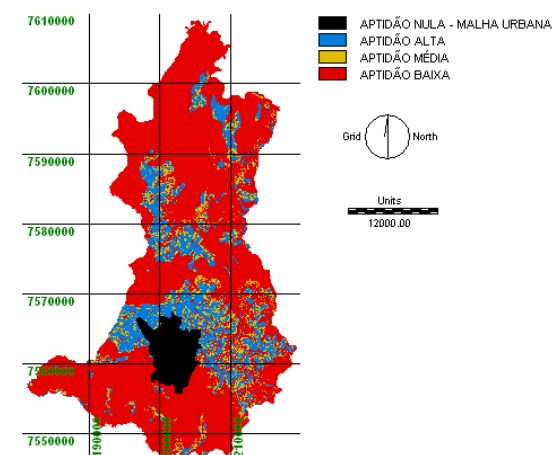


Figura 11: Mapa referente aos fatores de declividade, pedologia e geologia

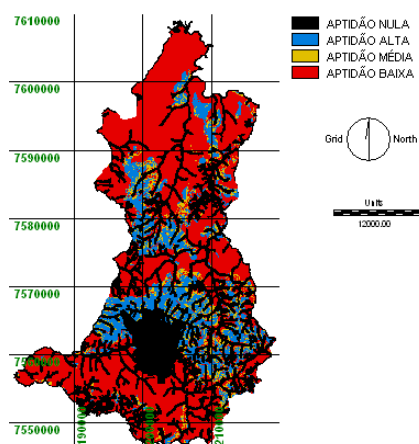


Figura 12: Mapa referente aos fatores de declividade, pedologia, geologia e hidrografia

A seguir, é mostrado na figura 13, o mapa final com as aptidões alta, média, baixa e nula para a instalação de um distrito industrial em São Carlos (SP)

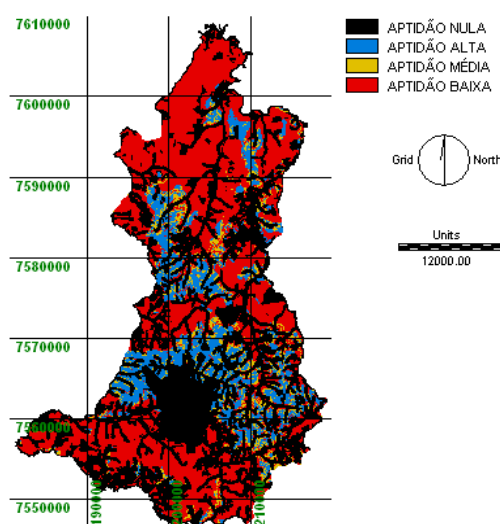


Figura 13: Mapa de aptidão à implantação de um distrito industrial no município de São Carlos (SP)

Através do mapa da figura 13, calcularam-se as áreas correspondentes para cada aptidão mostrada. Estes valores são mostrados na tabela 4.

Tabela 4: Áreas em hectare correspondente as aptidões

Aptidão	Área – ha
Alta	12418
Média	5860,8
Baixa	42043,23
Nula	53538,93
TOTAL	113861

Abaixo, na figura 14 é mostrado as áreas com maiores aptidões. Essas áreas são aquelas que melhores apresentaram condições para a instalação do distrito industrial.

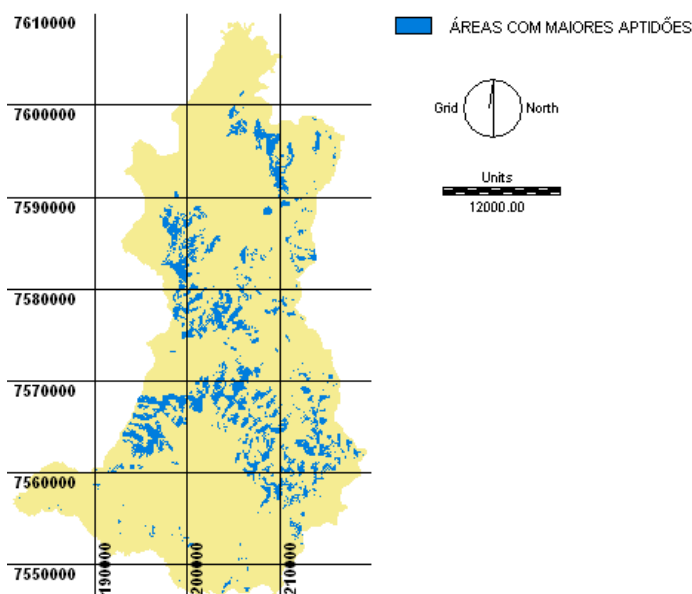


Figura 14: Áreas com as maiores aptidões para a instalação do distrito industrial

A metodologia utilizada para a realização do trabalho proposto mostrou-se compatível com o resultado obtido. Ressalta-se a importância de um maior refinamento nas informações e um maior detalhamento visando obter resultados com um maior nível de informações.

O emprego de critérios restritivos e critérios de fatores para a seleção de áreas mais aptas e menos foram de grande importância para a organização dos dados georreferenciados, uma vez que foi elaborado diversos planos de informações intermediários. O emprego correto desses critérios se mostra coerente com a proposta de seleção de áreas para a locação de um distrito industrial, oferecendo aos tomadores de decisão uma base de referência que lhes permita inserir a variável ambiental no processo de planejamento.

A utilização do SIG mostrou-se adequado ao objetivo proposto, sendo grande ferramenta para que os planejadores tomem decisões balizadas em aspectos técnicos, integrando critérios ambientais aos critérios tradicionais de desempenho econômico, com desdobramentos para o licenciamento ambiental de atividades e sua subsequente gestão ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <http://www.ibge.gov.br> Acessado em 11 jun. 2008.
2. COMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. Disponível em http://www.comitepcj.sp.gov.br/mapa_pcj_06.html. Acessado em 12 jun. 2008
3. BRASIL.. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispões sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Resolução nº 303, 20 de março de 2002.
4. BENDA, F.; ALVES, M. G.; CORRÊA, F. P. Carta potencial à erosão laminar utilizando sistema de informação geográfica. Rio de Janeiro, 2006.
5. NUNES, J. O. R.; SAMIZAVA, T. M.; KAIDA, R. H.; IMAI, N. N.; MARTIN, E. S. SIG aplicado à avaliação de áreas para a instalação de aterro sanitário no município de Presidente Prudente – SP. São Paulo, 2006.
6. PÉRICO, E.; CEMIN, G.; Planejamento do uso do solo em ambiente sig: alocação de um distrito industrial no município de Lajeado, RS, Brasil. 2006.
7. MONTAÑO, M. Os Recursos Hídricos e o Zoneamento Ambiental: o caso do município de São Carlos, SP. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002
8. RANIEIRI, V. E. L. (2000). Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental: o caso do município de Descalvado (SP). São Carlos. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.



9. SILVA, J. C. C. Distritos industriais em Portugal: identificação e avaliação de externalidades dinâmicas associadas. Dissertação (Mestrado). Escola de Economia e Gestão, Universidade do Minho.