

PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO EM AMBIENTE SIG: ALOCAÇÃO DE UM DISTRITO INDUSTRIAL NO MUNICÍPIO DE LAJEADO, RS, BRASIL

Eduardo Périco¹
Gisele Cemin²

Resumo

O uso de sistemas de informação geográfica na tomada de decisão vem se tornando uma importante ferramenta para o planejamento do uso do solo, visto que permite um resultado mais rápido e com menos subjetividade. Este trabalho teve como objetivo apresentar um modelo espacial de localização de um distrito industrial no município de Lajeado, RS, através de uma metodologia de avaliação por critérios múltiplos em SIG. Foram avaliados quatro critérios restritivos: as Áreas de Preservação Permanente (APPs), as Áreas de Uso Restrito (AUR), a mata nativa e a área urbana, e cinco critérios de fatores: a declividade, rede viária, uso e cobertura do solo, geologia e pedologia, sendo estes, com algum grau de aptidão, entre 0 (menos apto) a 255 (mais apto). Como resultado, obteve-se dezessete fragmentos de área, com mais de 10 ha, que apresentam um alto valor de aptidão, segundo os critérios avaliados.

Palavras-chave: planejamento urbano, distrito industrial, sistemas de informações geográficas, avaliação multi-criterial, fragmentação.

Abstract

Soil use planning in GIS: allocation of an industrial district in the municipal district of Lajeado, RS, Brazil

The use of geographical information systems to the decision making process is turning an important tool for the soil use planning, because it allows a faster result with less subjectivity. This work had as objective presents a spatial location model to an industrial district in the municipal district of Lajeado, RS, through an Multi-Criteria Evaluation methodology subsidized by Geographical Information Systems (GIS). They were appraised four restrictive criteria: the Permanent Preservation Areas (APPs), the Restricted Use Areas (AUR), the native forest and the urban area, and five criteria factors: declivity, highways, soil use and coverage, geology and pedology being these, with some suitability degree, among 0 (lowest suitability score) to 255 (highest suitability score). As result, was obtained seventeen area fragments, with more than 10 ha that present a high suitability value according to the appraised criteria.

Key-Words: urban planning, industrial district, geographical information systems, multi-criteria evaluation, fragmentation.

¹ Professor/pesquisador do Centro Universitário UNIVATES e da Universidade Luterana do Brasil – ULBRA
Rua Avelino Tallini, 171, CEP-95900-000, Lajeado, RS - e-mail: edperico@terra.com.br

² Bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS

Rua Avelino Tallini, 171, CEP-95900-000, Lajeado, RS - e-mail: gicemin@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial ocorrida no final do século XVIII, assistiu-se a um processo de expansão crescente dos núcleos urbanos. A mutação dos espaços urbanos, resultado de diversos fenômenos, tais como, a pressão demográfica e a diversidade das funções, vieram comprometer a qualidade de vida e relegar a necessidade de ordenar o espaço e as atividades. Perante a constatação de que o território é um recurso limitado e frágil, emergiu a idéia de que é necessário a sua gestão, preservação e ordenamento de forma prudente e eficaz, no sentido de uma melhor qualidade de vida daqueles que nele habitam (MENDES, 1993). O ordenamento fundamenta-se na análise do território, identificando as suas estruturas invariantes e fixando classes de usos do solo para cada unidade territorial na tentativa de estabelecer um arranjo espacial racional das diferentes atividades humanas.

O ordenamento territorial, no qual se inclui o planejamento do uso do solo, é um processo de apoio à administração urbanística, através do qual se elaboram modelos normativos específicos denominados planos (PARDAL *et al.*, 1993). Os planos caracterizam-se por se referirem a determinado espaço num determinado tempo de vigência, e por conterem um componente regulamentar que enquadra e possibilita o controle das intervenções sobre o território.

Neste contexto, o uso Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para o planejamento do uso do solo, vem se mostrando cada vez mais uma ferramenta poderosa e eficiente nas diversas áreas do conhecimento. Segundo ARONOFF (1989) e BULL (1994), os SIGs são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. Este tipo de ferramenta revolucionou a monitorização e gestão dos recursos naturais e uso do solo, devido a capacidade de análise de grande quantidade de informação de diversas origens, de forma simultânea. Não se torna portanto surpreendente que recentemente tenha havido um crescente interesse na utilização de ferramentas com recurso de SIG como um suporte de apoio à decisão (EASTMAN *et al.*, 1993).

A integração do SIG e de sistema de apoio à decisão possibilitam que o processo de tomada de decisão seja realizado de forma mais fundamentada, pois o agente de decisão tem à sua disposição dados/informações mais prontamente acessíveis, mais facilmente combinados e modificados, além de utilizar argumentos mais claros para a decisão. Esses sistemas de suporte a decisão auxiliam a análise em SIG, possibilitando uma maior flexibilidade, liberando a análise dentro de margens de riscos estabelecidas para uma determinada decisão e permitindo que um critério favorável compense outro desfavorável para obter um resultado ponderado (EASTMAN *et al.*, 1993).

De um modo geral, os processos de decisão pretendem satisfazer um ou múltiplos objetivos, e são desenvolvidos com base na avaliação de um ou vários critérios (EASTMAN, 1997). No caso particular da localização de atividades industriais trata-se essencialmente de um processo de decisão de natureza multi-criterial, no sentido em que são considerados na avaliação diversos atributos do problema.

A seleção dos locais mais aptos à alocação de um distrito industrial implica em uma decisão entre várias alternativas possíveis, com base em alguns critérios. De acordo com a teoria de decisão, um critério é uma base mensurável e avaliável para uma decisão e pode se constituir de uma restrição ou de um fator. Uma restrição é um critério que limita as alternativas em consideração na análise. Na maioria dos casos, uma restrição consiste na criação de limitações ao

espaço de análise, definindo as alternativas não elegíveis que deverão ser excluídas do espaço inicial de soluções possíveis. No entanto, por vezes, as restrições podem apenas pretender garantir que a solução final possua algumas características pré-estabelecidas. Um fator é um critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa para o objetivo em causa. Normalmente esta aptidão é medida numa escala contínua e de forma a abranger todo o espaço de solução inicialmente previsto.

Visando o planejamento territorial e a preservação ambiental, este trabalho teve por objetivo apresentar um modelo espacial para a localização de um distrito industrial no município de Lajeado, RS, através de uma avaliação multi-criterial subsidiada por Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Área de Estudo

O município de Lajeado está inserido na encosta inferior do planalto meridional, região central do Vale do Taquari, distando 120 Km de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Está localizado entre as coordenadas geográficas 29°23'29'' e 29°30'00'' de latitude sul e 52°08'12'' e 51°54'15'' de longitude oeste.

O município tem como divisa leste o Rio Taquari, a norte o município de Arroio do Meio, a sul o município de Cruzeiro do Sul, a noroeste o município de Forquethina e a sudoeste o município de Santa Clara do Sul.

Materiais

Para a seleção das áreas mais aptas a implantação de um distrito industrial, foi utilizada uma base de informações envolvendo as cartas planialtimétricas elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG, 1979), em escala 1:50.000, folhas SH. 22-V-D-II-3 de Lajeado e SH. 22-V-D-I-4 de Marques de Souza, imagem do satélite ETM⁺/Landsat 7, da órbita-ponto 222-080, referente a passagem de 04 de fevereiro de 2002, *software* de SIG Idrisi, versão 3.2 (EASTMAN, 1998) e receptor de dados cartográficos GPS - Garmin 12 (*Global Position System*).

As informações relativas aos fatores ambientais tais como Pedologia e Geologia, foram extraídas do mapeamento executado e publicado pela MAGNA ENGENHARIA (1997), na escala 1:250.000, para a Bacia Taquari-Antas.

Metodologia

A seleção dos locais mais aptos ao desenvolvimento industrial implica em uma decisão entre várias alternativas possíveis, com base em alguns critérios. Estes critérios podem ser restritivos ou podem ser critérios de fatores. Neste trabalho, os fatores diferenciam as áreas que podem ser consideradas aptas à implantação industrial daquelas que não são aptas sob condição alguma. Foram avaliados quatro critérios restritivos: as Áreas de Preservação Permanente (APPs), as Áreas de Uso Restrito (AUR), mata nativa e área urbana e cinco critérios de fatores:

declividade, rede viária, uso e cobertura do solo, geologia e pedologia, sendo estes, com algum grau de aptidão, entre 0 (menos apto) a 255 (mais apto).

Geração da Base de Dados

As cartas planialtimétricas da DSG foram escaneadas, georreferenciadas e digitalizadas para a extração da base cartográfica vetorial relativa a rede de drenagem, nascentes, curvas de nível e rede viária. Os mapas da Magna Engenharia referentes a pedologia e geologia também foram escaneados, georreferenciados e digitalizados para a extração das unidades pedológicas e geológicas da área de estudo.

Todos os arquivos utilizados neste trabalho foram georreferenciados a partir do sistema de referência UTM-22s, que adota a projeção *Universal Transversa de Mercator* e Datum horizontal Córrego Alegre, MG.

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, inicialmente foi realizado o georreferenciamento da imagem. Para isso, foi gerado um arquivo de correspondência, com pontos de controle (coordenadas X e Y), identificados na imagem e nas cartas da DSG. Foram escolhidos pontos dispostos em toda a área de estudo e de fácil localização na imagem, como cruzamentos de rodovias, encontros e curvas de rios. A partir deste arquivo, o programa Idrisi efetuou o georreferenciamento e posicionou a imagem nas coordenadas limites da área de estudo. O método utilizado para o classificação da imagem de satélite foi a supervisionada de máxima verossimilhança, das bandas 3, 4 e 5 da imagem do satélite ETM⁺/Landsat 7. Foram selecionadas seis classes de uso e cobertura do solo: mata nativa, vegetação secundária, lavoura, área urbana, mata exótica e água. Para verificação da acurácia da classificação, foram utilizados pontos de coordenadas planas coletadas com o auxílio do GPS.

Após a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, através da função *Edit*, foi possível a criação de uma imagem *Booleana*, atribuindo valores de 0 para a área urbana e mata nativa e 1 para todas as demais classes de uso e cobertura do solo. Em seguida, a função *Assign*, criou uma nova imagem, contendo a restrição da área urbana e mata nativa.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) de topos de morro, declividade acima de 45°, entorno de recursos hídricos e nascentes, foram delimitadas com base no CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, LEI FEDERAL N° 4.771/65 e a resolução do CONAMA 303/2002.

Os arquivos vetoriais referentes a rede de drenagem e nascentes, foram passados para o formato matricial, gerando os mapas temáticos da rede hidrográfica e das nascentes. Estes dois mapas temáticos foram submetidos à função de mapeamento de distâncias (*buffers*) de 30 metros para os recursos hídricos com menos de 10 metros de largura, de 50 metros para o rio Forqueta e Forquetinha (largura variando de 10 a 50 metros) e de 100 metros para o rio Taquari (largura variando entre 100 a 200 metros de largura). Para as nascentes foram geradas distâncias de 50 metros sobre um ponto digitalizado na extremidade dos tributários de primeira ordem.

Em seguida, foi gerado o Modelo Digital de Elevação (DEM) a partir da interpolação das curvas de nível pelo módulo *TIN* (*Triangular Irregular Network*). Para a elaboração das classes de declividade em graus, o DEM foi submetido ao módulo *Slope*. Este mapa de declividade foi submetido à função *reclass*, que isolou todas as áreas referentes ao critério restritivo de declividade superior a 45°.

Para delimitar a APP dos topos de morro, foi inicialmente estabelecido um critério para determinar a cota base dos morros. Conforme a EMBRAPA (1979) a base de um morro é delimitada a partir de 20° de inclinação, o que corresponde a classe de relevo fortemente ondulado. Com isso, o mapa de declividade foi reclassificado, isolando-se os locais com declives

superiores a 20°. Em seguida, foram sobrepostas as curvas de nível, o que permitiu a identificação dos valores da cota de base e dos cumes, possibilitando a delimitação da APP a partir da curva de nível correspondente aos dois terços da altura mínima, em relação a base.

As AUR também foram delimitadas com base no CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO (1965), o qual coloca que na faixa situada entre 25° a 45° de declividade, não é permitida a derrubada de florestas, só sendo tolerada a extração de toros quando em regime de utilização racional, que vise rendimentos permanentes. Em áreas com declividades acima de 25°, a suscetibilidade à erosão é extremamente forte e o uso agrícola não é recomendado, sob pena de serem totalmente erodidas. Para tanto, o mapa de declividade foi reclassificado, isolando-se todas as declividades entre 25° a 45°.

Normalização dos critérios de fatores

Para que estes critérios possam ser combinados para chegar a uma determinada avaliação, incluindo a própria comparação entre avaliações no sentido de produzir decisões, foi necessária a construção de uma regra de decisão. As regras de decisão incluem procedimentos para normalizar e combinar diferentes critérios de fatores, resultando um índice composto e uma regra que rege a comparação entre alternativas utilizando este índice. O processo de normalização é na sua essência idêntico ao processo introduzido pela lógica *fuzzy* (ZADEH, 1965), segundo a qual um conjunto de valores expressos em uma dada escala são convertidos em outro comparável, expresso em uma escala normalizada. Para a normalização dos fatores, várias são as funções que podem ser utilizadas e dentre as funções de pertinência ao conjunto *fuzzy* estão Sigmoidal, J-Shaped, Linear e User-Defined (ZADEH, 1965; EASTMAN, 1997). Entretanto, existem casos em que os fatores estão em uma escala nominal, não podendo ser normalizados pela lógica *fuzzy*. Nesta situação, são atribuídos arbitrariamente os valores, de acordo com a escala normalizada adotada, que neste caso variava de 0 a 255.

Justificativa para os critérios de fatores

a) Declividade

Com relação à declividade do terreno é possível considerar que quanto menos íngreme se apresenta a área, melhores são as condições para a instalação de indústrias. De acordo com RAMALHO-FILHO & BEECK (1995), as classes de declividade de 0 a 9° são áreas em que a suscetibilidade à erosão varia desde áreas não suscetíveis, em locais planos, à suscetibilidade forte nas áreas com relevo ondulado, onde a declividade está próxima a 9°. As terras de relevo plano a suave ondulado, apresentam declividade variando de 0° a 3°, sendo representadas pelo limite urbano-industrial, utilizado internacionalmente, onde existem poucos (ou quase nulos) riscos de erosão quando utilizadas práticas conservacionistas simples. Já as áreas com as classes de declividade entre 9° a 20°, compreendem as áreas em relevo forte ondulado e com alta suscetibilidade à erosão.

Analisando o aspecto físico do relevo, este fator foi normalizado seguindo uma função J-Shaped, considerando-se como terras mais aptas ao desenvolvimento industrial aquelas situadas em declives inferiores a 3°, sendo que as áreas além desse valor apresentam um decréscimo contínuo de aptidão que se aproxima do zero.

b) Estradas

A proximidade das estradas é um fator importante, visto que facilita a movimentação dos funcionários e o escoamento da produção. Neste sentido, este fator foi normalizado seguindo uma

função Linear, considerando as áreas mais próximas às estradas as mais aptas e diminuindo a aptidão a medida que se distanciam.

c) Uso e cobertura do Solo

Para as cinco classes de uso e cobertura do solo, foram dados valores arbitrários que variam de 0 a 255. Os recursos hídricos e a área urbana já foram contemplados nas restrições, mas tendo que atribuir um valor de aptidão para estas classes, foi atribuído o valor de 0, sendo então, consideradas não aptas, conforme a tabela 1.

Tabela 1: Valores de aptidão do fator uso e cobertura do solo.

Aptidão para indústrias	Uso e Cobertura do Solo	Valor de Aptidão (0 a 255)
Restritiva (nula)	Área Urbana	0
	Mata Nativa	
Baixa	Água	85
	Capoeira	
Média	Mata Exótica	170
Alta	Lavoura e Pastagem	255

d) Geologia

Ao se considerar o fator geologia, deve-se avaliar o risco de contaminação das águas subterrâneas. Neste trabalho foi considerado como restrição para instalação de um distrito industrial, áreas situadas sobre depósitos aluviais devido à grande permeabilidade apresentada por este substrato. É possível situar as áreas mais frágeis, em termos de infiltração de contaminantes, a partir das características físicas, sendo assim, a normalização referente a este fator segue conforme a tabela 2.

Tabela 2: Valores de aptidão do fator geologia.

Aptidão para indústrias	Geologia (substrato rochoso)	Valor de Aptidão (0 a 255)
Restritiva (nula)	Depósitos aluviais	0
Baixa	Formação Botucatu	60
Média	Formação Serra Geral	130
Alta	-	-

Devido a escala de trabalho (1:250.000), houve perda de informações referentes a geologia do município, sendo que neste caso, encontramos apenas a formação Serra Geral. Entretanto, a área de estudo ainda apresenta a Formação Botucatu e Depósitos Aluviais, que não são possíveis observar na dada escala.

e) Pedologia

Para a instalação de um distrito industrial, os solos que apresentam uma resistência à erosão possuem maior aptidão. Segundo MONTAÑO (2002), para a instalação de um distrito industrial, normalmente é necessária a execução de uma obra de grande porte, o que requereria a verificação da estabilidade do solo, ou uma grande movimentação de terra, no caso de ser necessário o aterramento do local. Neste sentido, os solos que apresentam uma maior resistência à erosão possuem uma aptidão maior para a instalação industrial. Além disso, pode ocorrer a deposição de algum tipo de material contaminante no solo durante a fase de operação, sendo que neste caso, os solos menos permeáveis se mostram mais adequados.

Levando-se em consideração estes aspectos, pode-se considerar que o teor de argila encontrado nos solos é o fator essencial nesta análise, sendo que quanto maior o teor de argila, menor é a permeabilidade e maior a resistência à erosão. Assim, os solos são agrupados em função do teor de argila encontrado, conforme a tabela 3.

Tabela 3: Valores de aptidão do fator pedologia.

Aptidão para indústrias	Teor de Argila	Tipo de Solo	Valor de Aptidão (0 a 255)
Restritiva (nula)	-	Solos Hidromórficos	0
Baixa	0 a 15%	Solos Litólicos	60
Média	15 a 35 %	Brunizém avermelhado	130
Alta	35 a 100%	Terra roxa estruturada	255

Fonte: Aptidão para indústrias, teor de argila e tipo de solo adaptado de MAGNANI, *et al.*, 1999.

Cruzamento das informações

A partir dos fatores normalizados, foi construída a regra de decisão (*Weight*), envolvendo os cinco fatores considerados, resultando, deste módulo, um peso relativo de cada fator. Na seqüência aplicou-se o método de combinação linear ponderada (WLC), presente no módulo MCE (*Multi Criteria Evaluation*), o qual combina os fatores normalizados através de uma média ponderada. Além disso, também foram cruzadas as restrições (que se expressam em uma imagem *booleana*), para a obtenção do mapa relativo de aptidão à instalação industrial, variando de 0 (menos apto) a 255 (mais apto). Entretanto, devido à compensação entre os fatores considerados, o mapa de aptidão apresenta ausência de alguns valores nos extremos da escala. Como os valores não tem significado quantitativo, e para efeito de uma melhor visualização, a função *Stretch* redistribuiu esses valores de 0 a 255.

Para obter as melhores áreas para a implantação de um distrito industrial, primeiramente foi aplicada a função *Rank*, de forma descendente, para o reordenamento dos *pixels*, de modo que os *pixels* de maior aptidão apresentem os menores valores de ordem hierárquica. Em seguida, através da função *reclass*, selecionou-se os 1.000 ha mais aptos, resultando em uma imagem contendo diversos fragmentos de diferentes tamanhos. Através das funções *Edit* e *Assign*, essa imagem foi reclassificada a fim de escolher todas as áreas com área maior que 10 ha. A figura 1 apresenta um esquema resumindo as etapas de trabalho.

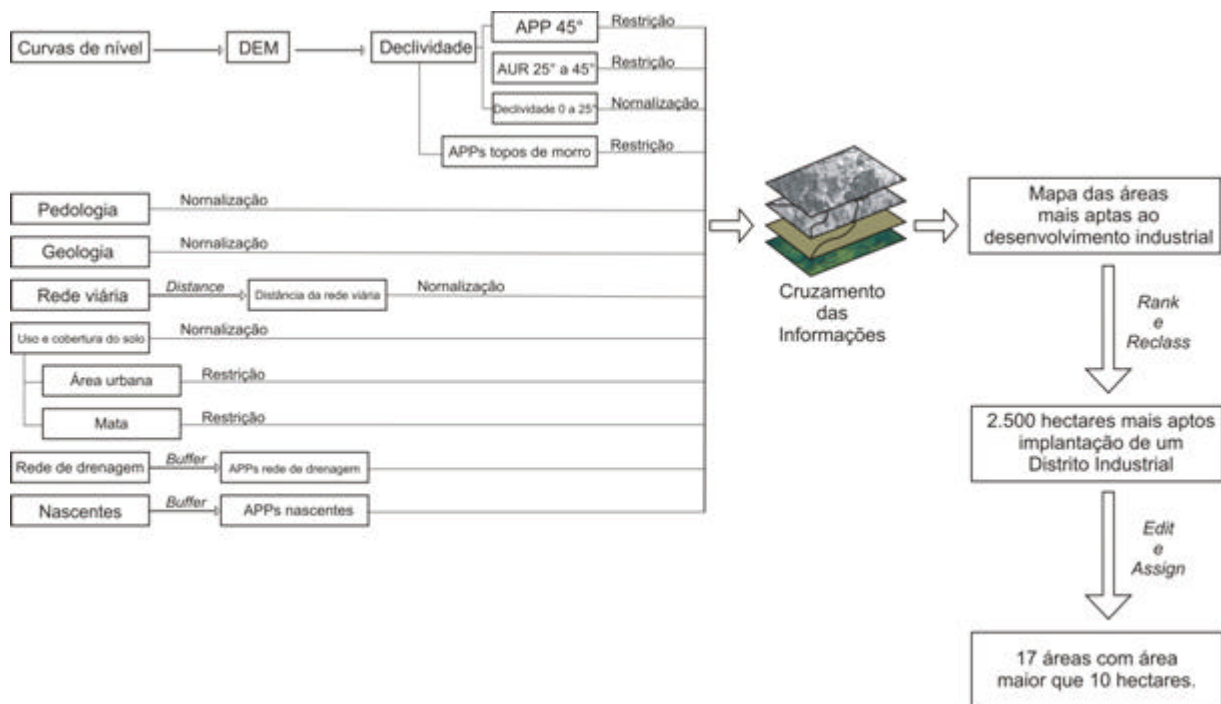


Figura 1: Esquema resumido das etapas de trabalho.

RESULTADOS

As figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam os critérios restritivos referentes a APPs, AUR, área urbana e mata, respectivamente.



Figura 2: Restrição referente as APPs



Figura 3: Restrição referente as AUR



Figura 4: Restrição referente a área urbana



Figura 5: Restrição referente a mata.

As figuras 6, 7, 8, 9 e 10 representam os critérios de fatores normalizados referentes a declividade, estradas, pedologia, geologia e uso e cobertura do solo, respectivamente.

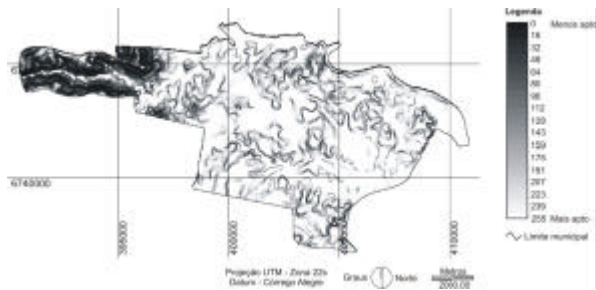


Figura 6: Fator referente a declividade

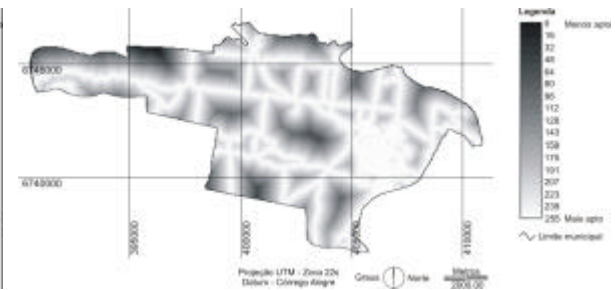


Figura 7: Fator referente as estradas

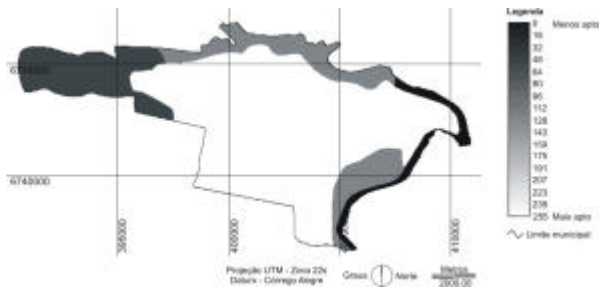


Figura 8: Fator referente a pedologia



Figura 9: Fator referente a geologia

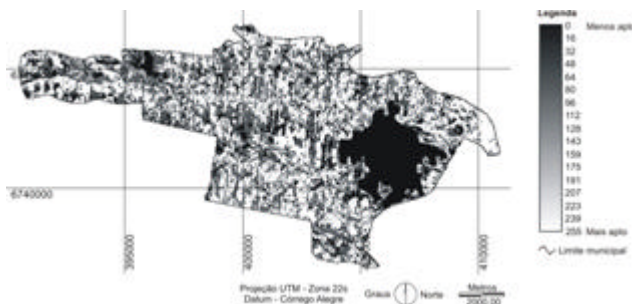


Figura 10: Fator referente ao uso e cobertura do solo.

A tabela 4 apresenta a matriz de comparação par a par dos fatores avaliados. A tabela 5 apresenta os pesos relativos de cada fator resultantes da matriz. Observa-se que o fator que recebeu maior peso foi a pedologia, com 0,3045, seguido por geologia e declividade, com pesos de 0,2433 e 0,2134, respectivamente. Os fatores que receberam o menor peso foram o uso e cobertura do solo (0,0979) e estradas (0,1409). É importante ressaltar que estes pesos são atribuídos com base na importância em que o avaliador considera cada um dos fatores analisados, seguindo critérios que visem à preservação ambiental e que abordem os aspectos econômicos.

Tabela 4: Combinação dos critérios de fatores analisados.

Fatores	Uso e cobertura do solo	Estradas	Declividade	Geologia	Pedologia
Uso e cobertura do solo	1				
Estradas	2	1			
Declividade	2	2	1		
Geologia	2	2	1	1	
Pedologia	3	2	2	1	1

Tabela 5: Peso relativo de cada fator.

Fatores	Pesos
Uso e cobertura do solo	0,0979
Estradas	0,1409
Declividade	0,2134
Geologia	0,2433
Pedologia	0,3045
TOTAL	1,00

A figura 11 apresenta o mapa relativo de aptidão a implantação de um distrito industrial no município de Lajeado, variando de 0 (menos apto) a 255 (mais apto). Na figura 12 podem ser observados os dezessete fragmentos de área com mais de 10 ha que apresentam um valor de aptidão alto.

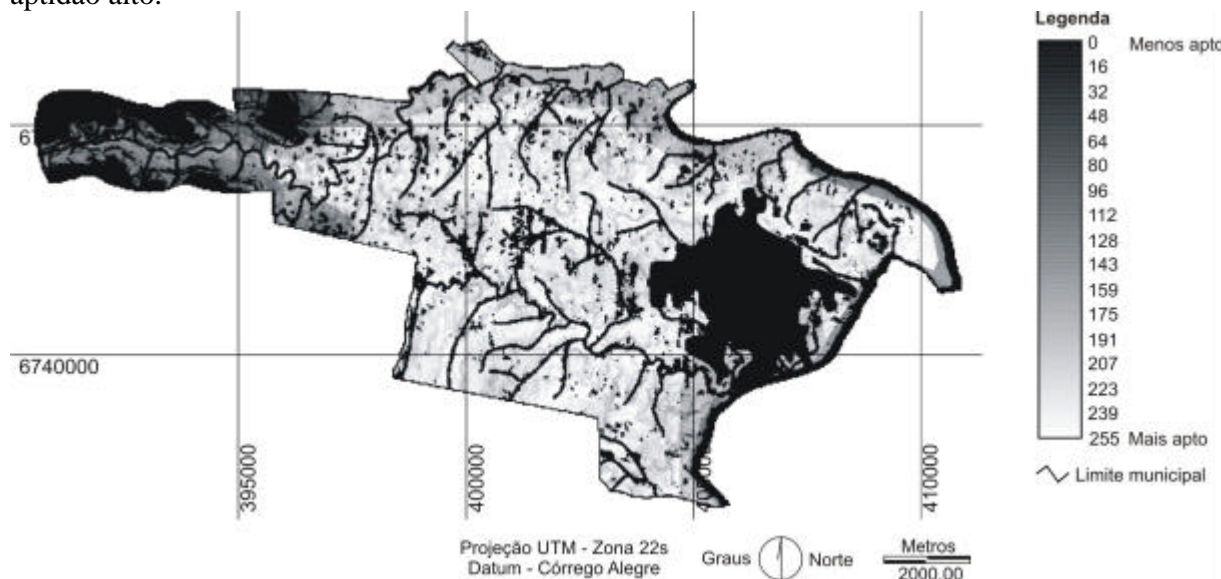


Figura 11: Mapa relativo de aptidão a implantação de um distrito industrial no município de Lajeado.

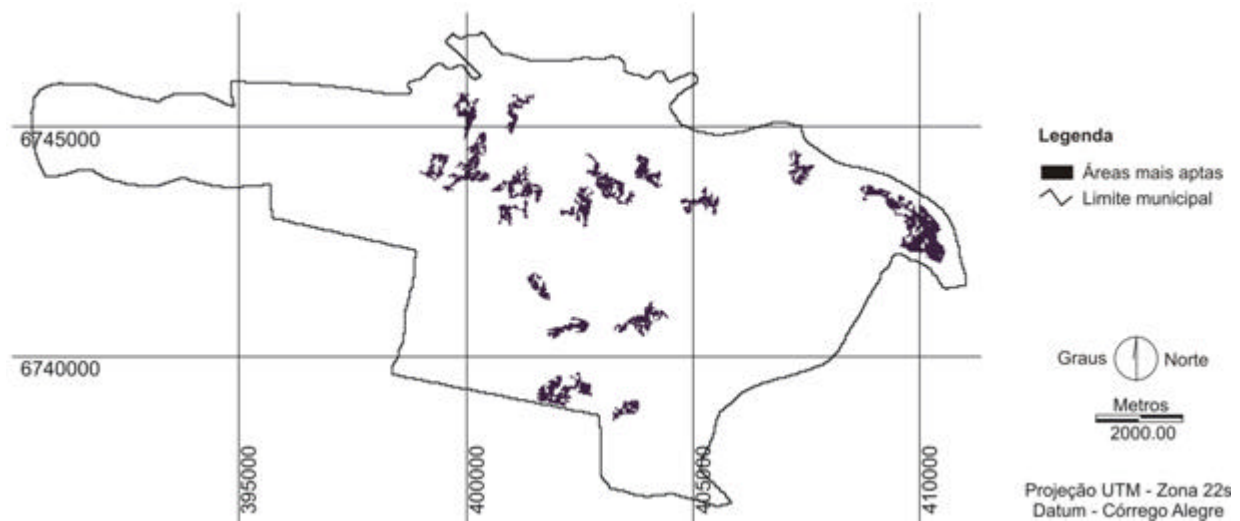


Figura 12: Locais de maior aptidão com áreas superiores a 10 ha.

Analisando as figuras 11 e 12, pode-se observar que as áreas mais aptas estão localizadas na região centro leste do município. Isso se deve principalmente ao fato desses locais apresentarem declividade suave e estarem inseridos no tipo de solo que apresentam o maior valor de aptidão.

O emprego da avaliação multi-criterial para a seleção de áreas aptas a implantação de um distrito industrial permitiu concluir que esta técnica de análise e integração de dados espaciais georreferenciados é uma ferramenta de grande poder para modelamentos que visam a obtenção de aptidões de um determinado território. Entretanto, a concepção deste modelo depende do conhecimento dos critérios limitantes que a área de estudo apresenta, tanto a nível geotécnico quanto às restrições impostas pela legislação ambiental.

O SIG se mostrou adequado para o objetivo proposto, sendo uma ferramenta importante à tomada de decisão, podendo ser utilizado pelos administradores para um efetivo planejamento, pois facilita a percepção da realidade de forma menos subjetiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARONOFF, S. Geographic Information Systems. WDL. Publications, Canada. 1989.
- BRASIL. Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Novo Código Florestal Brasileiro. Disponível em: <<http://www2.ibama.gov.br>> Acesso em: 07/11/2004.
- BULL, G. Ecosystem Modelling with GIS. Environmental Management, 18(3): 345-349, 1994.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Resolução Nº 303 de 20 de março de 2002.
- BRASIL. Ministério do Exército - Departamento de Engenharia e Comunicações. Diretoria do Serviço Geográfico do Exército - DSG. . **Folhas: SH. 22-V-D-I-4 de Marques de Souza e SH. 22-V-D-II-3 de Lajeado**: cartas topográficas. Porto Alegre, 1979. Escala 1:50.000.

- EASTMAN, J. R.; JIN, W; KYEM, P.A.K.; TOLEDANO, J. Gis and Decision Making,. In. **Explorations in Geographic Information System Technology**. Genebra: UNITAR. Vol. 4, 112 p, 1993.
- EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows**. User's Guide. Version 2.0. Clark University, Worcester. 286 p, 1997.
- EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows: introdução e exercícios tutoriais**. Editores da versão em português: Henrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS. Centro de Recursos IDRISI. 224 p. 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro . 83 p. 1979. (SNLCS. Série Miscelânea, 1).
- MAGNA ENGENHARIA LTDA. **Avaliação Quali-Quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água na Bacia Hidrográfica do Sistema Taquari-Antas**: Relatório Técnico nº 01 (RT - 01) - Cenário Atual da Bacia hidrográfica do Sistema Taquari-Antas. Volume I: Memorial Descritivo - Tomo I. Porto Alegre. 1997.
- MAGNANI, M.; MONTAÑO, M; FONTES, A. T.; SOUZA, M. P. Utilização de SIG na análise de fatores ambientais para localização de atividades industriais de São Carlos – SP. (CD ROM). In: Congresso e Feira pra Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 5, Salvador. Anais. Curitiba. 1999.
- MENDES, José F.G. **Sistema de Informação para Planejamento e Gestão Urbanística Municipal**. Tese (Doutorado) - Universidade do Minho, Braga, 1993.
- 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.
- PARDAL, S.; CORREIA, P.V.D.; LOBO, M.C. Normas Urbanísticas. Vol III. Lisboa: DGOT-UTL. 1993.
- RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 65 p. 1995.
- ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information and Control**. v. 8 p. 338-353, 1964.