

LOCALIZAÇÃO DE INDÚSTRIA DE ESMAGAMENTO DE SOJA USANDO ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO APOIADA EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Joyce Queiroz e Silva

Instituto Militar de Engenharia, Departamento de Engenharia de Computação.
Praça General Tibúrcio 80, Praia Vermelha, CEP 22290-270, Rio de Janeiro – RJ
joyceqsilva@gmail.com

Aderson Campos Passos

Instituto Militar de Engenharia, Departamento de Engenharia de Computação.
Praça General Tibúrcio 80, Praia Vermelha, CEP 22290-270, Rio de Janeiro – RJ
aderson@ime.eb.br

Marcos de Meneses Rocha

Instituto Militar de Engenharia, Departamento de Engenharia Cartográfica.
Praça General Tibúrcio 80, Praia Vermelha, CEP 22290-270, Rio de Janeiro – RJ
mrocha@ime.eb.br

RESUMO

O presente trabalho realiza um estudo visando localizar as áreas mais favoráveis para instalação de indústrias de esmagamento de soja, utilizando método de análise de decisão e de técnicas de análise espacial em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG). Foi usado o método multicritério AHP sobre o software ArcInfo 9.3 e *plugin Spatial Analyst*. Como resultado foi possível definir geograficamente regiões adequadas para localização dessas instalações e contribuir para o apoio decisório.

PALAVRAS CHAVE. AHP, SIG, Localização Industrial. Apoio à decisão multicritério

ABSTRACT

This article will undertake a study to find the most favorable areas for installation of soybean crushing industry, using the method of decision analysis and spatial analysis techniques in an environment of geographic information system (GIS). It was used the multicriteria method AHP, the software ArcInfo 9.3 and Spatial Analyst plugin. As a result it was possible to define geographic areas appropriate for the location of these facilities and support decision making.

KEYWORDS. AHP, GIS, Industrial Location. Multicriteria decision making

1. Introdução

Esse artigo relata um estudo para a localização de indústrias de esmagamento de soja utilizando a associação de metodologia de apoio à decisão com sistema de informação geográfica. Foi utilizado o AHP como método multicritério. O software SIG utilizado foi o ArcInfo 9.3 e a parte principal do trabalho foi feita usando o *plugin Spatial Analyst*.

Para a construção do modelo foi feito, inicialmente, o estudo dos principais critérios a serem utilizados no processo decisório. Nesse caso particular, todos os critérios possuíam referências geográficas, ou seja, foi possível utilizar o SIG como fonte de informação. Com isso, foram definidas camadas de informação para cada critério onde cada uma delas foi definida de forma diferente, de acordo com as informações disponíveis. Para adequar os critérios sugeridos para a abordagem do problema à modelagem no SIG foi necessário realizar a chamada modelagem de adequação, descrita no corpo de texto. Posteriormente, foram definidos pesos para cada um dos critérios através da consulta a especialista em logística.

O mapa final foi obtido através de álgebra realizada sobre os mapas dos critérios. Essa álgebra respeita a função de agregação definida para o AHP. O resultado da modelagem contribui para apoiar a decisão de localização industrial.

2. Fundamentação Teórica de SIG e Multicritério

Os critérios adotados no estudo, bem como a modelagem propriamente dita, são obtidos neste estudo por meio de análises espaciais dentro de um SIG.

Segundo Câmara (1996), os Sistemas de Informações Geográficas são sistemas automatizados empregados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Uma das características que diferenciam os SIGs dos demais sistemas de informação é a possibilidade de realizar análises espaciais. Em um SIG, as informações geográficas de uma determinada região costumam ser armazenadas em arquivos de banco de dados e visualizadas em aplicativos de SIG por meio de diferentes camadas de informação. Sobre estas camadas são realizadas diferentes análises espaciais, dentre as quais as operações de álgebra de mapas detalhadas a seguir e amplamente empregadas neste estudo.

A utilização casada de métodos de análise de decisão multicritério com SIG começou a ser feita há mais de vinte anos. Malczewski (2006) faz um levantamento dos artigos que foram publicados em diversas revistas indexadas que abordam esse assunto. Esse trabalho classifica as publicações de várias maneiras distintas, separando os diversos tipos de metodologias utilizadas, tipos de aplicação etc. Nele estão enumerados 46 artigos sobre localização de instalações. Alguns exemplos citados nesse artigo são Aguilar-Manjarrez e Ross (1995), Kao (1996), Cova e Church (2000), Basnet et al (2001) e Rinner e Malczewski (2002). Um exemplo de trabalho publicado em revista nacional foi apresentado por Zambon et al (2005).

2.1. Álgebra de Mapas

O termo álgebra de mapas popularizou-se em 1990, a partir do livro de Tomlin (1990) denominado *Geographic Information System and Cartographic Modeling*. Segundo Câmara (2002), esta foi a primeira abordagem que buscou manipular de uma maneira formal as propriedades dos dados representados em SIG, usualmente representados por mapas. Tomlin (opus cit.), por sua vez, apresentou a álgebra de mapas no contexto de um modelo de dados *raster*. Este modelo é representado por uma matriz regular de células retangulares, denominadas de *pixels*, sendo o mesmo empregado no âmbito deste projeto. Segundo esse mesmo autor as operações sobre mapas podem ser classificadas em pontuais, de vizinhança e zonais. As operações pontuais são feitas célula a célula, resultando em *pixels* cujos valores são função dos valores associados ao mesmo local em uma ou mais camadas de informação. Como exemplo, tem-se a operação de reclassificação onde, em uma mesma camada de informação, altera-se o valor numérico de cada pixel obedecendo a um determinado critério e a operação de

sobreposição, onde obtém-se o valor numérico de um *pixel* a partir de operações aritméticas entre duas ou mais camadas de informação. Nas operações de vizinhança, computa-se o camada de saída com base na dimensão e forma de uma vizinhança em torno de cada local. Como exemplo, tem-se os mapas de distância, onde o valor de cada *pixel* é obtido a partir da determinação da distância entre este e uma feição de referência. Nas operações zonais, costuma-se trabalhar com uma camada de informação contendo regiões, podendo gerar-se operações espaciais diferentes em cada uma delas.

2.2. Modelagem Analítica

Segundo Heywood et al (2002), entre as diversas ferramentas dos SIG, uma das principais é a de modelagem da informação espacial. No contexto deste projeto, o mapa das regiões mais adequadas para a implantação de uma indústria de processamento de soja obtido no final é um modelo resultante da aplicação das diversas operações espaciais de álgebra de mapas, sendo todo o processo de modelagem analítica denominada de modelagem de adequação. Segundo Berry (2002), esta é uma forma de modelagem simples, aplicada sobre dados *raster*, obtido a partir de operações de reclassificação e cruzamentos de camadas de informação.

3. O AHP com Medição Absoluta

O Método da Análise Hierárquica foi desenvolvido na década de 70 por Thomas L. Saaty. Em inglês, seu nome original é *Analytic Hierarchy Process* (AHP). O método leva esse nome por organizar os critérios de forma hierárquica na qual o problema decisório assume a posição do topo da hierarquia. Das inúmeras referências existentes na literatura sobre o AHP, recomenda-se a leitura dos livros escritos pelo próprio professor Saaty. Um desses livros é Saaty (2006), referenciado no final do artigo. Nele são mostrados detalhes do AHP, aplicações, exemplos detalhados e claros e os diversos livros já escritos sobre o método.

Após a escolha de critérios chave para a tomada de decisão outros subcritérios são escolhidos de maneira a especificar melhor esse conjunto de considerações, facilitar a sua valorização e assim sucessivamente, tomando a forma de uma árvore, conforme mostrado na figura 1. Os critérios e subcritérios precisam ser comparados entre si para que seja estabelecido o nível de importância relativa entre eles.

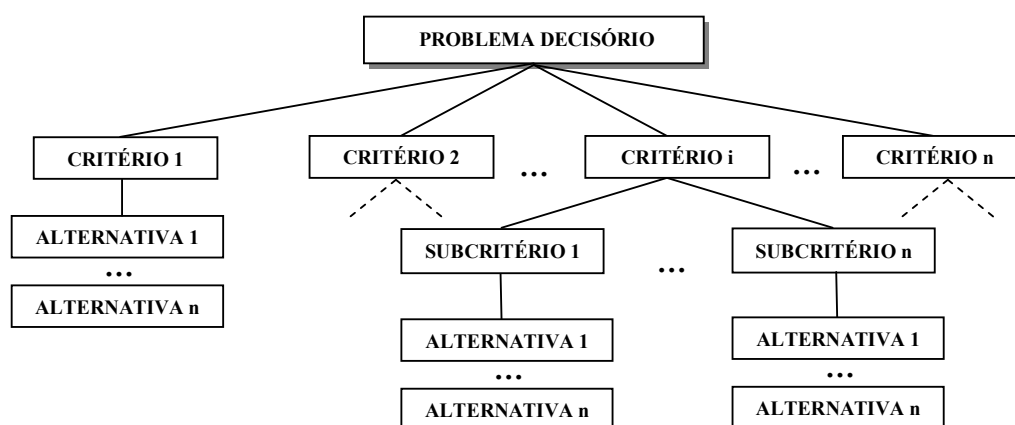


Figura 1: Árvore de Critérios

O método AHP determina 9 níveis para a comparação entre critérios. A existência de um limite superior mostrou-se útil para minimizar o problema da superestimação de valores quando as disparidades são muito elevadas. Foram escolhidos 9 níveis devido a inerente facilidade

humana em avaliar um item através da tricotomia: rejeição, indiferença e aceitação, e da facilidade de subdividir cada um desses itens em três níveis: baixo, médio e alto. A tabela 1 mostra a escala fundamental de Saaty, onde estão explícitos os nove níveis de julgamentos citados.

Escala Numérica	Escala Verbal
1	Mesma Importância
3	Importância moderada de um sobre o outro
5	Importância essencial ou forte
7	Importância muito forte
9	Importância extrema
2,4,6,8	Valores intermediários

Tabela 1: Escala Fundamental de Saaty

Com base nessas comparações é montada uma matriz quadrada para cada subcritério onde os valores de cada elemento da matriz são valores obtidos pela comparação dos critérios paritariamente. O autovetor normalizado da matriz determina a valoração dos critérios entre si. Uma forma alternativa para calcular o vetor de pesos da matriz de comparações paritárias é definir esse vetor como a normalização da média aritmética das linhas dessa matriz. Com essa normalização feita através da divisão do vetor pela soma de seus elementos.

Antes de avançar na utilização do autovetor normalizado é preciso avaliar a consistência dos julgamentos armazenados nas matrizes de comparações paritárias. Essa avaliação é feita usando o índice de consistência (IC) da matriz. Para mais detalhes sobre os procedimentos para o cálculo do IC e seu significado recomenda-se a leitura de Saaty (opus cit.).

Para avaliar as alternativas sobre a óptica de cada critério, dois procedimentos de medida podem ser utilizados nesse método: o relativo e o absoluto (também chamado *rating*). Nas comparações relativas as alternativas são comparadas entre si duas a duas, tomando como referência um critério específico, não será falado sobre esse procedimento de medida nesse texto. Na comparação absoluta as diversas alternativas são comparadas com uma escala onde cada alternativa será associada a um valor estabelecido para essa escala, também sob a óptica de cada um dos critérios. Quando se possui uma quantidade muito grande de alternativas não será viável aplicar o AHP de maneira diferente dessa. No estudo realizado nesse artigo cada pixel representará uma alternativa, conforme será mostrado nas seções seguintes. Quando lidamos com critérios quantitativos devemos levar em conta a idéia de função de utilidade antes de fazermos nossas comparações.

Depois de efetuar o preenchimento de todas as matrizes com os julgamentos dos especialistas e verificar os seus índices de consistência, é possível agregar todos os vetores de pesos através de uma função linear $f(a)$ aditiva que atribuirá a cada alternativa um valor final. As alternativas serão ordenadas e as que possuírem maior magnitude serão as preferíveis.

$$f(a) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(a)$$

Onde:

w_j = peso do j -ésimo critério;

v_j = desempenho da alternativa “ a ” com relação ao j -ésimo critério.

4. Localização de uma Indústria de Processamento de Soja: Descrição do Problema

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) o Brasil é hoje o segundo maior produtor de soja do mundo, atrás apenas dos EUA. Na safra 2006/2007, a cultura totalizou uma produção de 58,4 milhões de toneladas, cerca de 75% destinada à exportação. Isso representou 6,77% do total de exportações do Brasil em 2006, no valor de US\$ 9,3 bilhões (EMBRAPA, 2009). Mas esses números não são uniformes para todas as modalidades de exportação. Por diversas razões analisadas em Pinazza (2007) a exportação de soja a granel, apesar de possuir menor valor agregado, apresentou, nos últimos anos, um crescimento de 14,3% a.a., contra uma taxa de somente 3,3% a.a. de crescimento da exportação de produtos industrializados de soja. Com isto em visto, o presente trabalho pretende localizar regiões favoráveis para a instalação de uma indústria de esmagamento de soja nas regiões sudeste e centro-oeste, que permitam uma vantagem competitiva tanto no cenário brasileiro quanto no internacional.

Seguindo os conceitos de Porter (1989), as estratégias competitivas adotadas pelas indústrias de processamento de soja no Brasil são: liderança nos custos de produção e diferenciação de produtos. Nenhuma das tendências tem propriamente um domínio, mas se observa que as empresas nacionais que atuavam no estágio de esmagamento, seguidoras da estratégia de liderança em custos, passaram a ser adquiridas por multinacionais e a seguir a tendência internacional de expandir a capacidade e explorar as economias de escala, já que a possibilidade de diferenciação de produtos não é tão imediata.

Com isso em vista Pinazza (2007), propõem como os principais fatores logísticos para a localização das indústrias :

1. Destinação da produção (para o mercado interno ou externo);
2. Disponibilidade e acesso a matérias-primas;
3. Localização no que tange à logística de transportes.

De forma geral, as indústrias de processamento situam-se perto da matéria-prima, enquanto as indústrias de refino de óleos vegetais se localizam próximas dos grandes centros urbanos. Como as perspectivas de diferenciação de produto são limitadas, uma vez que o padrão tecnológico é, basicamente, definido pelo fato de que o produto é homogêneo (grão, farelo e óleo), a competitividade é um fator relacionado à produtividade, a custos e escalas, estes dois últimos muito relacionados à logística.

Utilizando essas informações, serão buscadas informações para a localização de uma indústria de processamento de soja, baseados em dados espacialmente referenciados.

4.1. Destinação da Produção

O destino da produção reflete grandemente no planejamento logístico de escoamento. Se o destino é exportação, por exemplo, há uma tendência de situar a indústria perto dos portos, ou de malhas ferroviárias que permitam escoamento a baixo custo. Se o destino é o mercado interno, cabe observar a proximidade dos grandes centros e o tamanho da população ao redor desses centros. Os produtos das indústrias de processamento de soja, no Brasil, em geral possuem como destino o mercado interno.

4.2. Acesso à Matéria-Prima

O Brasil, apesar de apresentar um grande potencial de crescimento da produção doméstica de soja, apresenta peculiaridades que dificultam o acesso às matérias-primas. As

grandes distâncias entre os produtores e as indústrias é uma delas. As leis fiscais é outra. As indústrias do Paraná, por exemplo, conseguem importar matéria-prima do Paraguai mais barata do que a oferecida pelo Mato Grosso do Sul. No entanto, as indústrias da Argentina, que crescem a um ritmo bem maior que o das brasileiras, já começam a competir pela soja paraguaia, fazendo com que, em pouco tempo, a disponibilidade seja afetada. Assim sendo, um outro critério importante para a Localização dessas indústrias é a disponibilidade e o acesso às matérias-primas.

4.3. Logística de Transportes

De nada adianta produzir a baixo custo, se não houver uma maneira eficiente e barata de escoar a produção. Por isso, a proximidade aos modais mais baratos, a capacidade de escoamento desses modais e todos os demais fatores relativos à logística de transporte devem ser observadas neste critério

4.4. Árvore de Critérios Final

Seguindo o AHP para a resolução desse problema, foi construída uma árvore de critérios. A fim de se obter um resultado mais expressivo, foi aplicado o Método de Minimização Heurística de Interdependência entre critérios (Passos et al, 2008) e obtida a estrutura hierárquica descrita na figura :



Figura 2: Estrutura hierárquica para localização de uma indústria de processamento de soja

5. Materiais e Metodologia Empregados

A área de trabalho são os municípios de Rio de Janeiro, Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Essa área foi escolhida por conter os mais significativos produtores de soja e as cidades mais populosas do Brasil, mas garantindo um número de municípios viável para o processamento computacional das análises. Os dados de produção desses municípios já haviam sido compilados previamente em Ferreira (2009), o qual possui também outras informações importantes para o presente trabalho.

A modelagem dos critérios aplicada na seção anterior não necessariamente precisa ser feita de uma forma espacial. No entanto, no contexto desse projeto, resolveu-se espacializar os critérios por entender que essa é uma abordagem adequada e aplicável nesse caso. Assim sendo, as idéias de proximidade e disponibilidade serão traduzidas em termos de distância ponderada, cujos pesos serão obtidos da análise multicritério. As operações espaciais entre os diferentes critérios necessários para a modelagem de adequação serão feitas por meio de álgebra de mapas e serão detalhadas a seguir.

5.1. Base de Dados e Softwares

- Base cartográfica de rodovias brasileiras do IBGE, na escala de 1:250000.

- Mapa Municipal Digital do IBGE, na escala 1:2500000;
- Mapas dos Estados brasileiros, na escala 1:5000000;
- População dos municípios brasileiros no Censo Demográfico do IBGE 2007
- Dados de produção de soja dos municípios Rio de Janeiro, Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul retirados de Ferreira (2009)
- Aplicativo de Sistema de Informações Geográficas ArcInfo, versão 9.3, com a extensão *Spatial Analyst*, da empresa ESRI;
- Banco de dados Access 2003, da Microsoft Co.

5.2. Preparação dos Dados

Antes das análises espaciais, procurou-se preparar um único arquivo de municípios com a tabela de atributos acrescentada dos campos de população de 2007 e de dados de produção de soja. No entanto, tendo em vista o grande número de municípios seria preciso acrescentar tais informações de forma automática, através de operações de *join* no banco de dados. Para que isso pudesse ser feito, foi necessário a padronização das grafias dos nomes dos municípios a fim de garantir a consistência das informações obtidas.

5.3. Modelagem Espacial dos Dados

Empregou-se no trabalho a modelagem de adequação (do inglês *susceptibility modeling*), com o emprego de técnicas de álgebra de mapas sobre dados raster, tais como reclassificação, operações algébricas e de vizinhança, empregando o programa ArcInfo 9.3 e a extensão *Spatial Analyst*. O software *Spatial Analyst* pode trabalhar com dados vetorizados ou dados raster. Nas análises deste trabalho convertimos todos os dados vetoriais em raster, de forma a associar a cada pixel um valor a ser usado na álgebra de mapas.

5.3.1. Mapa do Critério Destinação da Produção

Primeiramente foi modelado o critério *mercado interno consumidor*. Para cada estado, foi calculado o centro de gravidade, que consiste no ponto central obtido pela ponderação das populações de cada município através da função *Mean Center* do *Spatial Analyst*.

Após isso, determinou-se o mapa de distância (*straight distance*) na extensão através do *Spatial Analyst* em relação a cada um desses centros. Por fim, foi feita uma operação de sobreposição das camadas obtidas, em que valor de cada pixel para este critério foi calculado a partir de uma média ponderada das referidas distâncias pelas populações de cada estado, segundo a seguinte fórmula:

$$v_i = \frac{\sum d_i \times p_j}{\sum p_j}$$

Onde:

- v_i = valor desse critério para o pixel i ;
- d_i = distância do pixel i ao centro do estado j ;
- p_j = população do estado j .

Para que fosse possível comparar o valor desse critério com os demais, foi feita uma reclassificação dos valores através da divisão das distâncias em 9 classes de intervalos iguais, e cada uma delas foi associada a escala de Saaty, segundo a tabela 4.1. O resultado dessa modelagem pode ser visto na Figura 3a.

Escala Numérica	Escala Verbal
9	Distância extremamente favorável
8	Distância muito favorável
7	Distância satisfatoriamente favorável

6	Distância favorável
5	Distância regularmente favorável
4	Distância fracamente favorável
3	Distância poquíssimo favorável
2	Distância quase não favorável
1	Distância não favorável

Tabela 2 Escala de Reclassificação para o critério Destinação da Produção

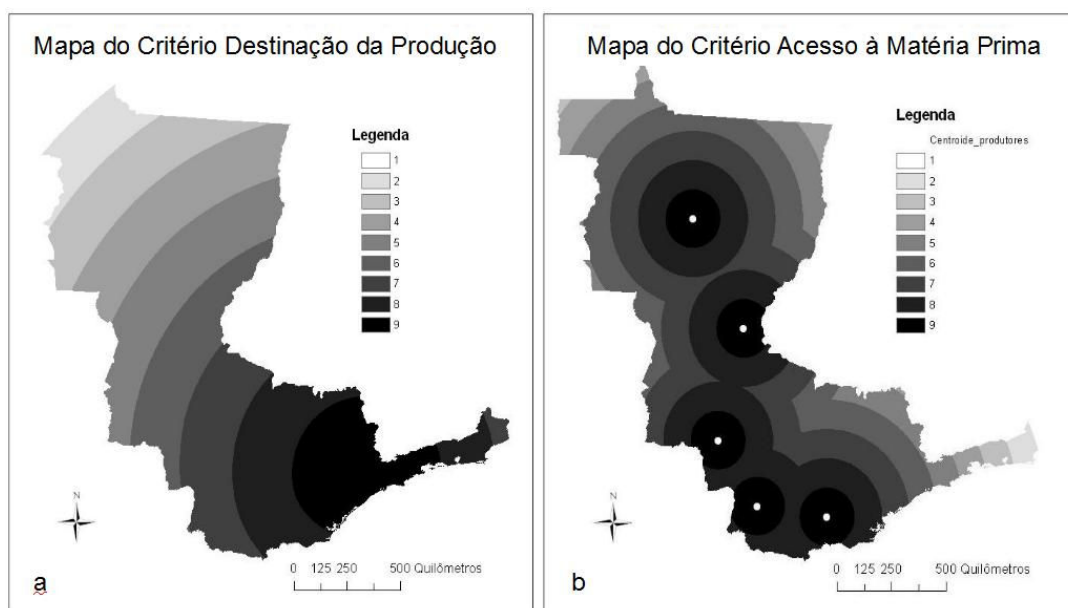


Figura 3: Mapas dos critérios *Destinação da Produção* e *Acesso à Matéria-Prima*.

5.3.2. Mapa do Critério Acesso à Matéria-prima.

Posteriormente, foi modelado o critério *Acesso à Matéria-prima*. Em uma primeira análise das informações sobre produção, verificou-se que os produtores mais expressivos apresentavam produção maior que 400.000 toneladas/ano e que em torno deles havia, em geral, outros grandes produtores com produção superior a 200.000 toneladas/ano. Devido a essa característica de concentração espacial da produção, foram criados aglomerados em torno dos produtores com produção maior que 400.000 toneladas/ano com um raio de 200km, selecionando-se apenas os produtores com produção acima de 200.000 toneladas/ano. Dessa forma, foram identificados cinco aglomerados. Para cada um deles, foi calculado o centróide e a esse atribuído a produção total do aglomerado.

Após isso, determinou-se o mapa de distância (*straight distance*) na extensão através do Spatial Analyst em relação todos esses centróides, de forma que a distância foi calculada em relação ao centróide mais próximo. Essa abordagem foi escolhida porque mesmo o menor aglomerado, já garante a produção de uma indústria de esmagamento.

Para que seja possível comparar o valor desse critério com os demais, foi feita uma reclassificação dos valores baseada na escala de Saaty, segundo a tabela 3. O resultado dessa modelagem pode ser vista na Figura 3b.

Escala Numérica	Escala Verbal
9	Produtor extremamente perto
8	Produtor muito perto

7	Produtor satisfatoriamente perto
6	Produtor perto
5	Produtor regularmente perto
4	Produtor fracamente perto
3	Produtor longe
2	Produtor muito longe
1	Produtor extremamente longe

Tabela 3. Escala de reclassificação para o critério Acesso à Matéria-Prima

5.3.3. Obtenção do Mapa do Critério Logística de Transportes

Finalmente, foi feita a modelagem do critério *Logística de Transportes* selecionando-se entre as rodovias que atravessassem os estados utilizados no estudo, aquelas que, segundo Ojima (2006) estão envolvidas no escoamento de soja. São elas: BR – 376, BR – 277, BR – 163, BR – 364 e BR – 116. Por isso, foi feito um mapa de distância (*straight distance*) na extensão da rodovia usando o *Spatial Analyst*. Essa abordagem foi escolhida porque todas as rodovias em questão garantem o escoamento da produção, de forma que é satisfatório estar perto de qualquer uma delas.

Para que seja possível comparar o valor desse critério com os demais, foi feita uma reclassificação dos valores baseada na escala de Saaty, segundo a tabela 4:

Escala Numérica	Escala Verbal
9	Rodovia extremamente perto
8	Rodovia muito perto
7	Rodovia satisfatoriamente perto
6	Rodovia perto
5	Rodovia regularmente perto
4	Rodovia fracamente perto
3	Rodovia longe
2	Rodovia muito longe
1	Rodovia extremamente longe

Tabela 4: Escala de reclassificação para o critério Logística de Transportes.

O resultado dessa modelagem pode ser vista na Figura 4:

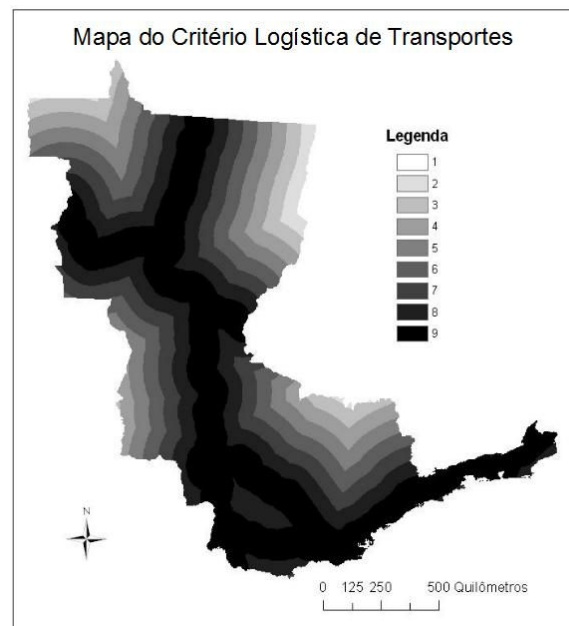


Figura 4: Mapa de distâncias em relação às principais rodovias de escoamento de soja

5.3.4. Sobreposição dos Mapas de Critérios

Posteriormente, calculou-se a média ponderada pelos pesos dos critérios a partir da sobreposição dos três mapas anteriores com o emprego da função *Raster Calculator* do *Spatial Analyst*, que realiza operações algébricas sobre camadas de informação em formato raster. Por fim, normalizou-se os resultados obtidos da média ponderada dividindo-se pelo maior valor numérico obtido, de modo que o mapa final apresentasse valores no intervalo entre 0 e 1. Os pesos dos critérios foram extraídos do julgamento de especialista na área de logística (Campos, 2010), que recebeu a estrutura hierárquica do problema e, a partir daí, inseriu seus julgamentos em matriz de comparações paritárias, conforme sugerido pelo AHP. Os pesos utilizados foram 0,604 para o critério Destinação da Produção (figura 3); 0,061 para o critério Acesso à Matéria-Prima (figura 4) e 0,335 para o critério Logística de Transportes (figura 5). Após o processamento é obtida a figura 5. Esse modelo prevê que a melhor região para a implantação de uma indústria de derivados de soja na região de trabalho é no eixo Rio-São Paulo, numa localização perto da Rodovia Presidente Dutra. Esse resultado é coerente, uma vez que os pesos para o Destinação da Produção e Logística de Transporte são muito maiores do que o peso de Acesso à Matéria-Prima.

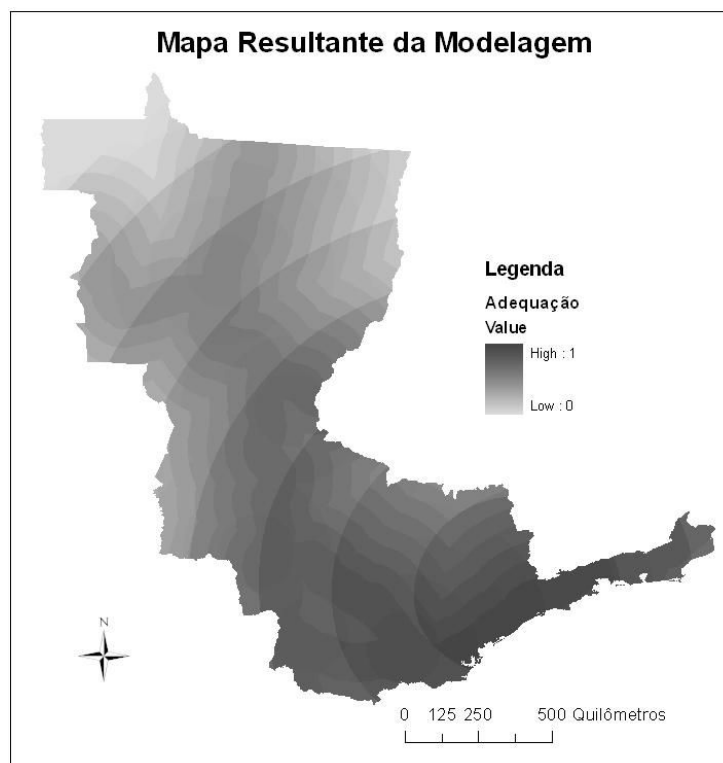


Figura 5: Resultado final obtido através da álgebra de mapas

6. Conclusão e Análise de Resultados

Os resultados obtidos no problema são coerentes. Entretanto, a finalidade inicial de apoiar a decisão de localização industrial não pode ser esquecida. Muitas indústrias estão localizadas na região citada. Para que o estudo tenha mais valor prático é importante ouvir pessoas diretamente interessadas no problema. O resultado dessa conversa provavelmente levará a definição de mais alguns critérios e, talvez, dados mais precisos para a construção do modelo.

Outro aspecto importante está relacionado ao tipo de resultado que está sendo oferecido no final dessa modelagem. Oferecer regiões genéricas para localização pode não ser suficientemente adequado para a localização de instalações. Talvez, um resultado aprimorado para esse trabalho possa ser obtido após um levantamento de todos os terrenos disponíveis nas regiões mais satisfatórias. Com isso, o apoio à decisão será mais efetivo.

Pode-se observar a importância da modelagem de adequação no emprego de metodologias multicritério em ambiente SIG, podendo ser feita de várias maneiras dependendo das preferências do analista de decisão. Vale ressaltar a importância do SIG como alternativa não somente de representação visual dos valores, mas também de geração desses valores.

Sugere-se, em trabalhos futuros, estender a metodologia para todos os estados produtores de soja, bem como a outros modais, como é o caso das hidrovias, importantes no escoamento da soja para exportação.

Apesar das possibilidades de melhoria apresentada, a forma como o modelo foi desenvolvida foi clara e constitui um resultado relevante para o processo decisório.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido da Fundação Ricardo Franco (fundação de apoio ao Instituto Militar de Engenharia), para a realização desse trabalho. Outro

agradecimento deve ser feito à professora Vânia Barcellos Gouvêa Campos, do mestrado em engenharia de transportes do IME, por definir os pesos entre os três critérios do problema.

Referências

- Aguilar-Manjarrez, J.; Ross, L.G.** (1995) Geographical Information System (GIS) Environmental Models for Aquiculture Development in Sinaloa State, Mexico. *Aquaculture International*, 3, 103-115.
- Basnet, B.B.; Apan, A.A.; Raine, S.R.** (2001) Selecting Suitable Sites for Animal Waste Application Using a Raster GIS. *Environmental Management*, 28, 519-531.
- Berry, J. Spatial analysis of model data.** (2002). Disponível em:
<http://www.innovativegis.com/basis/Papers/Other/ASPRChapter/#Berry5_1_Spatial_Analysis_Framework> Acessado em Agosto de 2008.
- Câmara, G.; Casanova, M.A.; Hemerly, A.S.; Magalhães, G.C.; Medeiros, C.M.B.** Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP. 1996.
- Câmara, G., Monteiro, A.M.V.; Carvalho, M. S.; Druck, S.** (2002) Análise Espacial de dados Geográficos, 2ª edição (online), disponível em
<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>, Acessado em março de 2009.
- Campos, V.B.G.** (2010), Definição de Pesos de Critérios [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <adersoncp@gmail.com> em 29 de março de 2010.
- Cova, T.L.; Church, R.L.** (2000) Contiguity Constrains for Single-region Site Search Problems. *Geographical Analysis*, 32, 306-329.
- EMBRAPA.** A Soja. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>> Acessado em 27 de Setembro de 2009.
- Ferreira, F.R.M.** (2009) *Mapeamento e diagnóstico da produção de grãos dentro da logística do corredor centro-oeste*. 72 f. Monografia (Projeto de Fim de Curso). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- Heywood, I.; Cornelius, S.; Carver, S.** *Introduction to Geographical Information Systems*. Pearson Education, 2ª edição, England. 2002.
- Kao, J-J** (1996) A Raster-based C Program for Siting a Landfill with Optimal Compactness. *Computers and Geosciences*, 22, 837-847.
- Malczewski, J.** (2006) GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 7, 703-726.
- Ojima, A. L. R. O.** (2006) Perfil da Logística de Transporte de Soja no Brasil. *Informações econômicas*, SP, v.36, n.1.
- Pinazza, L.A.,** Cadeia Produtiva da Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Brasília : IICA : MAPA/SPA, 2007.
- Porter, M.E.** *Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um Desempenho Superior*. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1989.
- Rinner, C.; Malczewski, J.** (2002) Web-enabled Spatial Decision Analysis Using Ordered Weighted Averaging. *Journal of Geographical Systems*, 4, 385-403.
- Saaty, T. L.** *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, Vol VI of the AHP series*. RWS publications, Pittsburgh, 2006.
- Tomlin, D.** *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall, New York, 1990.
- Zambon, K.L.; Carneiro, A.A.F.M.; Silva, A.N.R.; Negri, J.C.** (2005) Análise de Decisão Multicritério na Localização de Usinas Termoelétricas Utilizando SIG. *Pesquisa Operacional*, 25, 2, 183-199.