

# Utilização de técnicas de Geoprocessamento para um estudo de localização industrial

Enrique Maurício Del Castillo<sup>1</sup>

{castillo}@dsr.inpe.br

**Abstract:** Industrial location is important to firms because of the advantages and disadvantages that a specific location can offer, and are at the same time object of interest of governmental agencies because of the positive effects that this activities have on their surrounding areas. The industry of bio fuels is having an increasing importance in a world runs out of non-renewable sources of energy. The use of Geoprocessing techniques to the analysis of the factors that define the spatial distribution of this type of industry is very important. In these study was used a combined matrix of demand and offer taking in consideration the transportation costs, fuzzy logic and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to obtain a localization map. The area of study is the Brazilian state of São Paulo. The relationship between the localization map obtained and the factory distribution map was low. The use of the number of car to produce the demand map was proved wrong. Future studies that take into consideration other factors should provide better results.

**Palavras-chave:** geoprocessamento, localização industrial, cana-de-açúcar.

## 1. Introdução

Uma questão preocupante para empresários e que é de suma importância num contexto de globalização da produção, é o problema de “em que lugar produzir”, isto é, onde localizar a atividade industrial. A, priori, o problema da localização é condicionado pelo espaço, isto é, as influências que o espaço geográfico exerce sobre as atividades económicas, uma vez que estas se encontram necessariamente, condicionada pela distribuição espacial dos recursos de produção, de um lado, e pelos aglomerados humanos, de outro (AZZONI, 1981).

Apesar de esta não ser uma questão recente, tendo em vista as condições económicas mais vantajosas de produção e de distribuição da produção industrial, com a globalização, esta assume novas conotações. Assim, cabe ao estado, a tarefa de identificar quais são os fatores que tornam atraentes alguns locais para determinados setores industriais, por isso, é de salutar a indetificação dos sectores com vocação para o desenvolvimento ou de especialização industrial em um espaço geográfico (PAIVA, 1999).

Os primeiros estudos sobre a localização industrial datam do século passado (SILVA E NETO, 2002), em que se começou a argumentar sobre o efeito positivo das economias externas como fontes de localização industrial. Mais recentemente, desde Krugman (1991), onde são tratadas as externalidades pecunárias, que encorajam as firmas a localizarem-se perto de seus compradores e vendedores, como uma das forças que conduzem a aglomeração da atividade industrial. Como contrapartida nesses modelos os custos de transporte atuam como fonte centrífuga, contrabalançando as forças de aglomeração, podendo até conduzir a dispersão das atividades económicas (SILVA E NETO, 2002).

Uma questão importante para a “teoria de localização industrial” é estabelecer se a localização das indústrias em geral ou de um determinado tipo, pode ser explicado por fatores gerais e até que ponto essa explicação, só seria possível utilizando factores específicos e motivacionais. Segundo MOTA (1968), os fatores locais influenciam a atividade industrial de dois modos:

- i) Orientando as indústrias para os pontos geográficos mais vantajosos; e
- ii) Aglomerando ou dispersando a atividade industrial dentro do espaço geográfico.

No primeiro, as vantagens geográficas nos custos de transporte e de mão-de-obra, atuam como forças para a formação de aglomerações. No segundo, a redução nos custos da atividade industrial são consequências da produção em maior escala e da concentração de várias indústrias em uma área.

Entretanto, existem casos em que a localização industrial está na dependência de fatores especiais (ex: condições climáticas, condições de água, disponibilidade de terra, etc.), ou ainda, de motivações decorrentes de fatores tangíveis ou intangíveis (PAIVA, 1999).

A indústria da cana foi o sector do agronegócio que mais cresceu no Brasil em 2005 (cresceu 26,7%, contra 1,3% da Soja) e, actualmente é o maior exportador mundial de açúcar. Com a conversão de novas áreas para o cultivo de cana-de-açúcar a expectativa é de que nos próximos anos esta produção continue a crescer.

A produção de álcool também deve aumentar. O Brasil é atualmente o maior produtor mundial, responsável por 45% do mercado. Em 2004, o Brasil exportou 2,6 bilhões de litros do produto. O aumento constante dos preços do petróleo, e a necessidade de utilização de fontes de energia mais limpas em vários países, deverá propiciar um aumento nos próximos anos das exportações Brasileiras.

As regiões do País que, historicamente, tem cultivado a cana em larga escala são o Nordeste e o estado de São Paulo. Mais recentemente, o cultivo se expandiu no Norte do estado do Rio de Janeiro, em Minas Gerais, Espírito Santo, Norte do Paraná e estados do Centro Oeste. O Estado de São Paulo concentra hoje o 60% de toda a produção da cana-de-açúcar, e 32% de toda a frota de automóveis do Brasil. Por isso, cada vez mais a otimização do ponto de vista empresarial da actividade industrial ligada a este sector, e do ponto de vista governamental relacionada a outros tipos de uso do solo alternativos, fazem com que estudos de localização industrial de usinas para o processamento da cana-de-açúcar ganhem relevância.

Assim, o objetivo deste trabalho é o de propor, através do uso de técnicas de Geoprocessamento, as áreas mais apropriadas para a localização de usinas de cana, tendo em conta os locais de produção e de consumo, isto é, considerando a relação entre a oferta e a demanda.

## 2. Metodologia de trabalho

A área de estudo considerada foi o estado de São Paulo, e os seus 652 municípios. O trabalho analisou a região a partir de dados municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados utilizados são referentes ao total da produção por município, e a o total de veículos por município. Durante a união dos dados em tabelas do IBGE e os dados em formato .shp, foi utilizado o campo nome do município. Obtiveram-se os mapas de produção (toneladas) e de número de automóveis por município (Fig. 2.1).

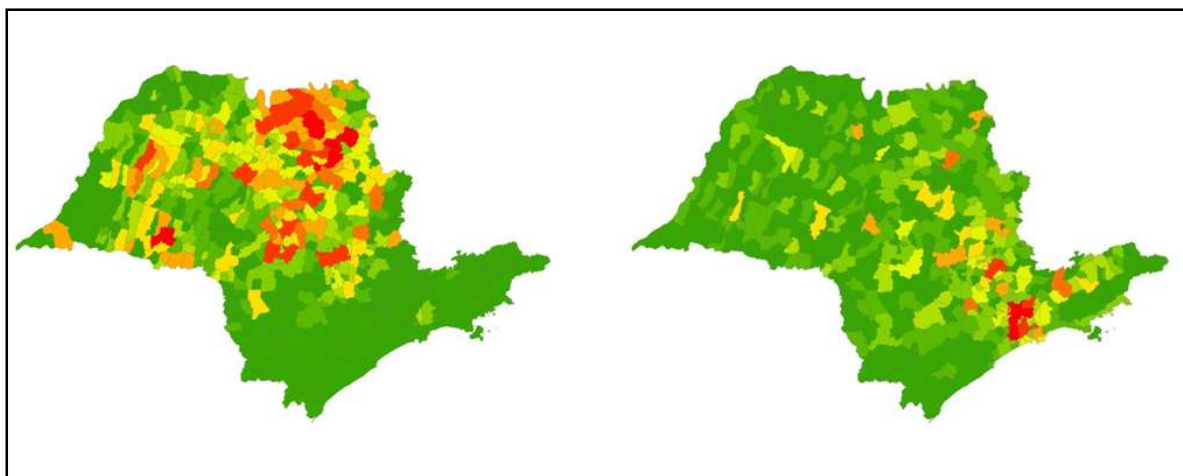


Figura 2.1. Da esquerda para a direita – Mapa de produção por Município e Mapa e número de automóveis por município.

O trabalho utilizou como ferramentas de estudo técnicas de Geoprocessamento que permitiram realizar análises espaciais. Nessa etapa foram definidas áreas que favorecem a localização industrial com base na elaboração de dois mapas: de oferta, e de demanda.

Para a elaboração do mapa de oferta foram elaborados três “buffer” para cada centróide do município. Os três “buffer” foram de 15, 25 e 30 km, sendo cada um multiplicado por um índice, entre 0 e 2, relacionado a produção de cana-de-açúcar municipal. Assim, municípios sem produção de cana não teriam nenhuma influência e municípios com grande produção de cana teriam maior influencia. Foi feito o somatório das intercessões de cada grade de “buffer” para a identificação das regiões que sofrem o maior numero de influencia dos centros de produção. Após esta fase foi realizada uma normalização, de 0 a 1, para permitir uma combinação entre os dados.

O método de Análise Hierárquica de Processos (AHP) foi utilizado para a definição de pesos a aplicar a cada uma das grades de intercessões para os “buffer” de 15, 25 e 30 km. Na qual os pesos atribuídos as grades foi baseado na menor distância. Portanto a grade de intercessões do “buffer” de 15 km, foi considerada um pouco melhor (peso 2) que a grande de intercessões “buffer” de 25 km, e algo melhor (peso 3) que a grade de intercessões “buffer” de 30 km. A grade de intercessões “buffer” de 25 km foi considerada um pouco melhor (peso 2) que a grade de intercessões “buffer” de 30 km, assim como consta na figura 2.2.

Tabela 1. Pesos utilizados para a AHP.

Critério		Peso	Critério
15 km	2	Um pouco melhor	25 km
15 km	3	Algo Melhor	30 km
25 km	2	Um pouco melhor	30 km

Os pesos obtidos a partir da AHP foram de 0,540 para a grade de intercessões “buffer” de 15 km, 0,297 para a grade de intercessões “buffer” de 25 km, e 0,163 para a grade de intercessões “buffer” de 30 km. Foi obtida uma razão de consistência de 0,0008. A razão de consistência foi considerada boa, estando próxima do valor ideal 0.

Como forma de espacializar os dados de numero de automóveis por município, foi feita uma interpolação de média ponderada pelo inverso da distância de raio 30 km, sendo que o máximo de mostras a utilizar são 4. A grade obtida foi aplicada uma classificação continua (“fuzzy”) de forma a obter uma superfície mais suavizada, que refletisse melhor a sua distribuição espacial e o mapa de demanda final. Foram considerados os valores mínimo de 3.000 automóveis e máximo de 40.000 automóveis (Fig. 2.3) Esta fase foi realizada utilizando o Software ArcGIS 9.3, e as extensões Geostatistica.l Analyst e Spatial Analyst.

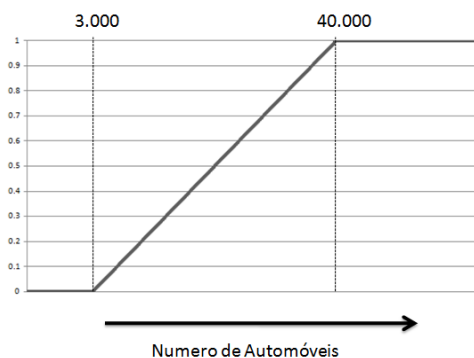


Figura 2.2. Distribuição “fuzzy” aplicada aos dados de automóveis.

O mapa de localização final foi obtido a partir da combinação dos mapas de oferta e demanda produzidos. Ao mapa de oferta foi dado um peso maior (0,6) e a o mapa de demanda foi dado um peso menor (0,4) de forma a considerar o maior custo de transporte da matéria-prima (a cana-de-açúcar) que o produto final (álcool). Por ultimo foram comparados os resultados a os dados de distribuição espacial das usinas de cana para o estado de São Paulo para a validação de mapa de localização obtido.

### 3. Resultados e discussão

O mapa de oferta obtido (Fig. 3.1) demonstrou aquilo que é a distribuição espacial dos municípios produtores de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, demonstrando maiores valores na região Centro e Norte do estado. Alguns municípios que possuem uma área grande e em regiões menos fragmentadas, e que estão localizados em regiões limítrofes do Estado de São Paulo, como por exemplo o Município de Morro Agudo, ficaram sub-estimados quanto a o mapa de oferta, enquanto regiões mais fragmentadas e menores, ficaram super estimadas. A utilização de dados de área de produção de cana-de-açucar, ofereceria melhores resultados.

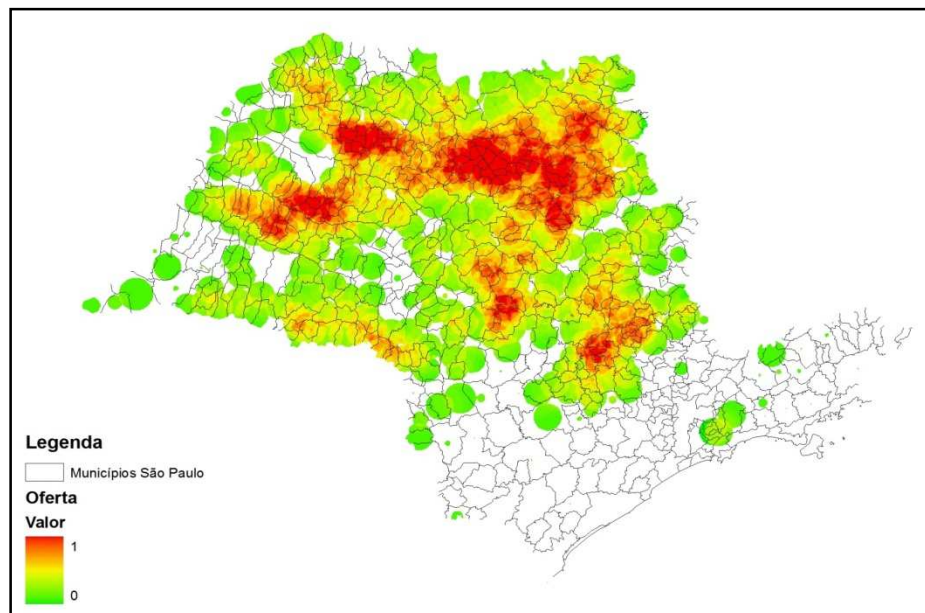


Figura 3.1. Mapa de Oferta

O mapa de demanda obtido (Fig. 3.2) também refletiu a distribuição espacial dos municípios com maior numero de automóveis do estado de São Paulo, realçando a importância de toda a área metropolitana da Cidade de São Paulo. A interpolação por média ponderada pelo inverso da distância, como esperado, criou algumas “ilhas” ao redor dos centroides dos municípios. A operação “fuzzy” para uma classificação contínua reduziu este efeito, e permitiu a normalização para a geração do mapa de localização de usinas de cana-de-açucar.

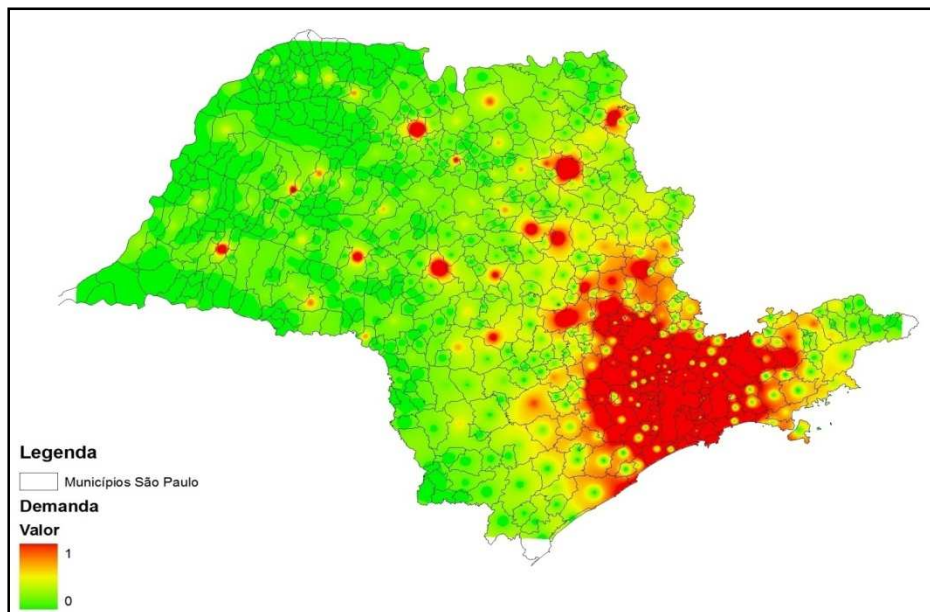


Figura 3.2 – Mapa “fuzzy” de demanda

O mapa de localização final obtido (Fig. 3.3), reletiu aquilo que foram os pesos atribuídos aos mapas de oferta e demanda. Os maiores valores concentraram-se nas regiões produtoras do Norte e Centro do Estado e nas regiões próximas do Município de São Paulo com alguma produção de Cana-de-açúcar.

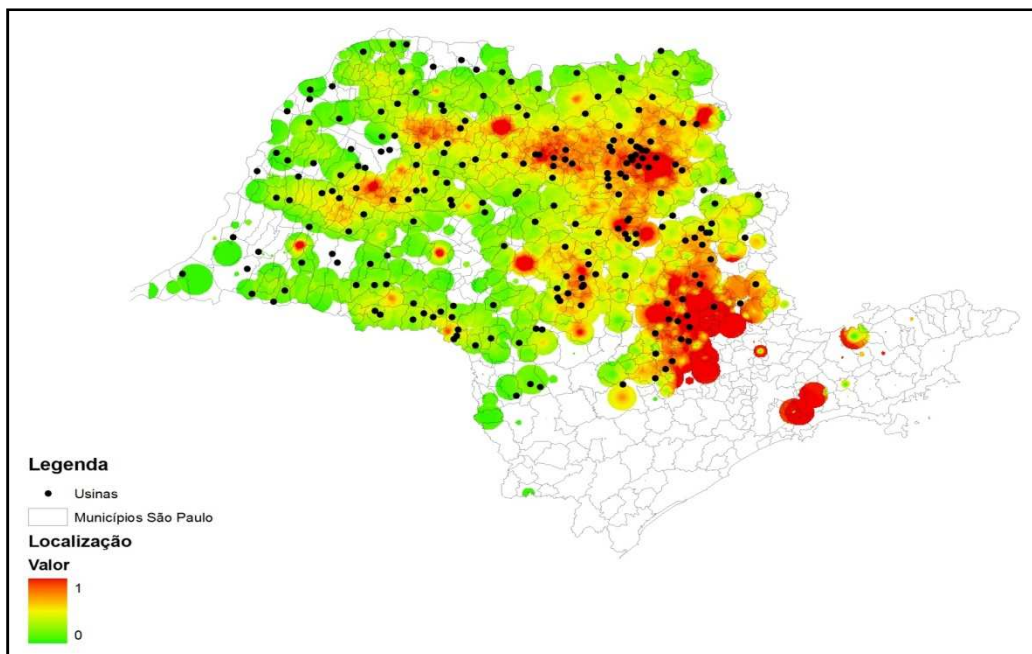


Figura 3.3. Mapa de localização

No entanto os resultados obtidos não foram satisfatórios. A relação entre o cruzamento dos dados de usinas de cana e o mapa final obtido revelaram que em média as usinas de cana localizaram-se em locais com um “valor de atração” do mapa final de 0,286 e desvio padrão de 0,133. O valor máximo encontrado foi de 0,762 e o mínimo de 0,096. As usinas com menores valores em relação ao mapa de localização final localizaram-se em todas as regiões

limítrofes, e na região Oeste do Estado. Os maiores valores localizaram-se junto aos municípios da região central e Norte do estado, junto dos Municípios produtores mais fragmentados e influenciados pelo mapa de oferta.

O mapa de demanda produzido revelou uma menor relação com a distribuição espacial das usinas de cana, demonstrando este não ser um factor determinante na localização das usinas de cana no Estado de São Paulo.

#### **4. Conclusões**

Os resultados obtidos não foram os esperados no início do trabalho. A hipótese de relacionar oferta e demanda, a partir de, dados de produção de cana-de-açúcar e de número de automóveis não se revelou correta. As técnicas de geoprocessamento para a espacialização dos factores de localização industrial e sua combinação, parece ser um campo promissor e de grande aplicação. A utilização de lógica “fuzzy” e da técnica de AHP revelaram-se apropriadas para a análise de fenómenos sócio-económicos, ainda que esta seja sempre condicionada pelo conhecimento do analista. Recomenda-se que sejam integrados outros factores de localização para a obtenção de mapas de localização.

#### **5. Referências Bibliográficas**

AZZONI, C.R. **Incentivos Municipais e Localização Industrial no Estado São Paulo**. IPE-USP, São Paulo, 1981.

COSENZA, C. A. N.; NEVES, C.; LIMA, F. R.; ALMEIDA, F. R. **Sistema de informações gráficas georeferenciadas para estudos de localização de plantas de Biodiesel no Centro-Sul brasileiro**. Fortaleza, ENEGEP, 2006.

IBGE – INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.  
<http://www.ibge.gov.br/>.

PAIVA, C. C. **Um estudo sobre localização industrial da região Sul do Brasil**. III Congresso Brasileiro de História Económica, Curitiba, 1999.

PEREIRA, S. H. F.; CALIJURI, M. L.; PEREIRA, S. C. M.; BEZERRA, N. R.; MACEDO, M. N. C. **Localização de um parque industrial em uma área definida em Ipatinga-MG utilizando a análise multicritério**. Ipatinga, 2008.

MOTA, F. O. **Manual de localização industrial: tentativa de adequação da teoria a realidade**. 2a. ed. Fortaleza, BNB. ETENE, APEC, 1968

SILVA, M. V. B.; NETO, R. M. S. **Determinantes da localização industrial no Brasil e geografia económica: evidências para o período pós-real**. O Escritório Técnico de Estudos Económicos do Nordeste (ETENE), Brasília, 2005.