

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GRÁFICAS GEOREFERENCIADAS PARA ESTUDO DE ATIVIDADES LIGADAS À PRODUÇÃO DO BIODIESEL NO BRASIL

Carlos Alberto Nunes Cosenza
Universidade Federal do Rio de Janeiro
COPPE, Escola Politécnica
Departamento de Engenharia Industrial
Endereço postal
cosenza@pep.ufrj.br

César das Neves
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
COPPE, Escola Politécnica
Endereço postal
cdn@pep.ufrj.br

Fernando Rodrigues Lima
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Departamento de Expressão Gráfica
Endereço postal
frlima@ufrj.br

Abstract

Georeferenced information system for graphical analyses of biodiesel production in Brazil

*This paper presents methods and results of a locational research using graphics interface and GIS (Georeferenced Information System). The location model performs a hierarchical analysis on activities related to the Biodiesel production cycle, based on castor oil (*Ricinus communis L.*). The case study is the Brazilian Northeast region, and indicates properly selected counties for Biodiesel major stages: planting, crushing and oil processing. The research uses a large set of administrative, economical, social, environmental and agricultural data. Final results were obtained with graphical and query methods for selecting and editing data. A fuzzy set program imports territorial offer data and exports location indicators to database. The indicators produced thematic maps containing hierarchical location data, organized to perform a Biodiesel stages zone classification based on graphical analysis.*

1. Introdução

No momento atual, quando são discutidas políticas de preservação ambiental, desenvolvimento sustentável e inserção social, a adoção de matrizes energéticas que permitam a substituição de combustíveis fósseis, promovendo a redução de emissões poluentes e a geração de empregos é um tema de relevância mundial.

Dentro deste cenário, o Biodiesel se apresenta como uma alternativa viável, especialmente para o Brasil, que reúne condições competitivas de plantio (clima, solo, terras) para várias oleaginosas (soja, mamona, algodão, etc.). Poucos países possuem estas mesmas condições, o que faz também do Brasil um potencial fornecedor de Biodiesel para o mercado externo.

Devido às dimensões quase continentais do país, as várias atividades requeridas para o ciclo de produção - plantio, esmagamento e transesterificação - podem

apresentar múltiplas alternativas de localização. Estas alternativas devem ser analisadas de acordo com as condicionantes políticas, técnicas e sociais demandadas por cada projeto. De qualquer forma, a busca de uma solução através do mapeamento e tabulação digital dos elementos que influem no processo decisório caracteriza uma nova abordagem para o problema.

O estudo que aqui apresentamos objetivou a localização das atividades do ciclo do Biodiesel, sendo elaborado em regime de parceria com outras instituições governamentais (MME, MDA). A metodologia foi desenvolvida a partir do modelo de localização aprimorado na COPPE/UFRJ (Attanasio e Masterlli 1974; Cosenza 1981). A avaliação dos resultados obtidos empregou técnicas para elaboração e prospecção de bases de dados associadas a mapas temáticos digitais, e no futuro subsidiará decisões político-estratégicas para custeio, tributação e aplicação de recursos financeiros.

2. Caracterização do problema

Para a pesquisa em localização de atividades produtivas é relevante dispor de um ferramental de análise que permita o georeferenciamento das informações e resultados, possibilitando editar e visualizar dados por meio de interfaces gráficas: mapas temáticos contendo elementos geométricos associados a dados tabulares (Minami 2000a, 2000b).

O presente estudo desenvolveu ferramental para estas aplicações, operando através do mapeamento gráfico digital em ambiente GIS (Georeferenced Information System) dos dados relevantes para estudos de localização.

O modelo de localização adotado baseou-se em uma metodologia que identifica fatores de localização, para em seguida verificar a oferta destes fatores em unidades do território, e a demanda destes mesmos fatores pelas atividades pesquisadas. Através de lógica Fuzzy, a oferta é confrontada com a demanda. O resultado é expresso por uma matriz hierárquica de *unidades territoriais x atividades pesquisadas*.

A contribuição da pesquisa reside na metodologia que possibilitou através da interface gráfica (mapa digital) a inserção e prospecção de dados necessários para aplicar o modelo de localização, integrando as várias fontes de informação processadas.

Trata-se de iniciativa pioneira, tanto pelo fato da maioria destes dados não estarem originalmente georeferenciados, quanto pela adoção do conceito de PGDB (Personal Geodatabase). O PDBG é uma evolução recente na área de geoprocessamento, e portanto ainda pouco utilizado pelas fontes de dados oficiais (IBGE, IPEA, etc). Sua arquitetura específica suporta Microsoft ODBC e Visual Basic, e foi concebida de forma a facilitar a aquisição, controle e edição de dados tabulares em ambiente georeferenciado.

3. Desenvolvimento

O caso estudado foi a produção de Biodiesel a partir da mamona no Nordeste brasileiro, promovendo aspectos de inserção social, como aproveitamento da agricultura

familiar e adoção de espécies adaptadas ao solo e clima da região mais pobre e árida, e processamento da transesterificação por rota etílica (emprego do etanol). As atividades consideradas foram:

- o plantio da mamona, espécie sequilho, mais adaptada ao clima árido.
- o esmagamento da baga de mamona, que origina o óleo vegetal e tem como sub-produto a torta (mercado de adubo orgânico).
- o processo de transesterificação por etanol, que origina o éster (Biodiesel) e tem como sub-produto a glicerina (mercado de cosméticos e indústria química farmacêutica).

A metodologia abrange 7 etapas principais, desenvolvidas de modo a possibilitar a aplicação do modelo de localização adotado em função do caso estudado.:

- Pesquisa de dados
- Tabulação dos dados
- Identificação dos fatores de localização
- Elaboração da matriz de oferta
- Elaboração da matriz de demanda
- Processamento oferta x demanda
- Análise dos resultados

3.1. Pesquisa de dados

Foram pesquisadas informações sobre plantio de mamona, processo de transesterificação, mercado consumidor de biodiesel e sub-produtos de seu ciclo, indicadores sociais e econômicos. Foi verificada a disponibilidade de bases georeferenciadas com divisão político-administrativa, mapas temáticos e sistemáticos, e imagens de satélite. As fontes foram verificadas quanto à integridade do conteúdo e o grau de atualização de seus dados. Algumas informações foram obtidas diretamente de sites de instituições de ensino e pesquisa e órgãos do governo (IBGE 2004).

3.2. Tabulação dos dados

A base georeferenciada de estados, municípios e cidades adquirida junto ao IBGE foi convertida para PGDB, de modo a poder receber por associação de campo novas tabelas com informações discretizadas ao nível de código municipal. Diante da inexistência de código associado em grande parte das fontes não georeferenciadas, foram desenvolvidas rotinas informatizadas para obter automaticamente o código do município a partir da grafia de seu nome e identificação do estado. Em seguida, foram identificados os municípios selecionados pela EMBRAPA Algodão (PB) como aptos ao cultivo da mamona (Beltrão 2003). Utilizando os dados de cidades georeferenciadas pelo IBGE foram localizados, identificados e quantificados os projetos de assentamento, os estabelecimentos de agricultura familiar, as bases distribuidoras de combustível, as usinas de álcool, os armazéns para estoque de sementes e bagas. Foram associados aos municípios da região nordeste os indicadores de consumo de diesel, IDH (Índice de desenvolvimento humano), atividade industrial, atividade agropecuária. Foram identificados e hierarquizados os itens de representação gráfica de infraestrutura de transporte: rodovias, hidrovias, ferrovias, portos, etc., sendo que alguns itens desta infra-estrutura necessitaram de atualização, o que implicou em edição dos dados tabulares (alteração em parâmetro do item), digitalização de suas formas (novo item) ou filtragem a partir de outras fontes (ex: hidrovias a partir de dados de hidrografia, rotas de escoamento a partir de rodovias e ferrovias, etc.).

3.3. Identificação dos fatores de localização

A partir do estudo do caso e da identificação de informações, foi elaborada uma lista preliminar de fatores relevantes para o estudo de localização. Os fatores de localização selecionados nesta lista estão relacionados com a infra-estrutura de transporte (rotas rodoviárias, ferroviárias, hidrovias e portos exportadores), o fornecimento de matéria-prima, serviços e insumos (armazenamento, produção de álcool, produção agrícola das diversas oleaginosas, bases de combustível) e dados

sócio-econômicos (IDH, mercado de óleo combustível, produção industrial, produção agropecuária, projetos de assentamento, agricultura familiar). Estes fatores irão tabular duas matrizes a serem cotejadas: uma de oferta e outra de demanda.

3.4. Elaboração da matriz de oferta

O mapeamento da oferta é uma sub-etapa que utiliza exaustivamente a interface gráfica digital, e foi executado a partir de uma nova base georeferenciada que elaboramos em PGDB, obtida a partir da base tradicional (shapefile) de divisão político-administrativa gerada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Este mapeamento foi elaborado analisando o espaço territorial a nível municipal, pois existem várias fontes disponíveis contendo informações neste nível. Como o IBGE adota um código numérico único para cada município, é possível fazer associações entre as tabelas comuns e as georeferenciadas, com base nos atributos deste campo de informação.

O processo de análise espacial dos mapas digitais é iterativo: a aplicação de operadores estatísticos (desvio-padrão, percentis) ou espaciais (pertinência, proximidade) gera dados para os campos de informação armazenarem o nível de oferta aferido para cada fator estudado (Lima e Cosenza 1999). Este dado tabular georeferenciado pode ser em seguida extraído da base de dados sob forma de uma matriz *municípios x fatores > intensidade da oferta no município*. A “Figura 1” em anexo mostra o mapa gerado pela mensuração de um fator de localização.

3.5. Elaboração da matriz de demanda

A matriz de demanda é estabelecida em função dos requisitos e pesos individuais dos fatores, para cada uma das atividades consideradas: plantio, esmagamento e produção do Biodiesel, e tem a formato *fatores x atividades > peso do fator para a atividade*. Os pesos são atribuídos por meio de variáveis lingüísticas – crucial, importante, pouco importante, irrelevante – onde a oferta existente de um fator será confrontada com o nível requerido pela atividade, penalizando localizações pobres em fatores determinantes para o êxito da atividade estudada.

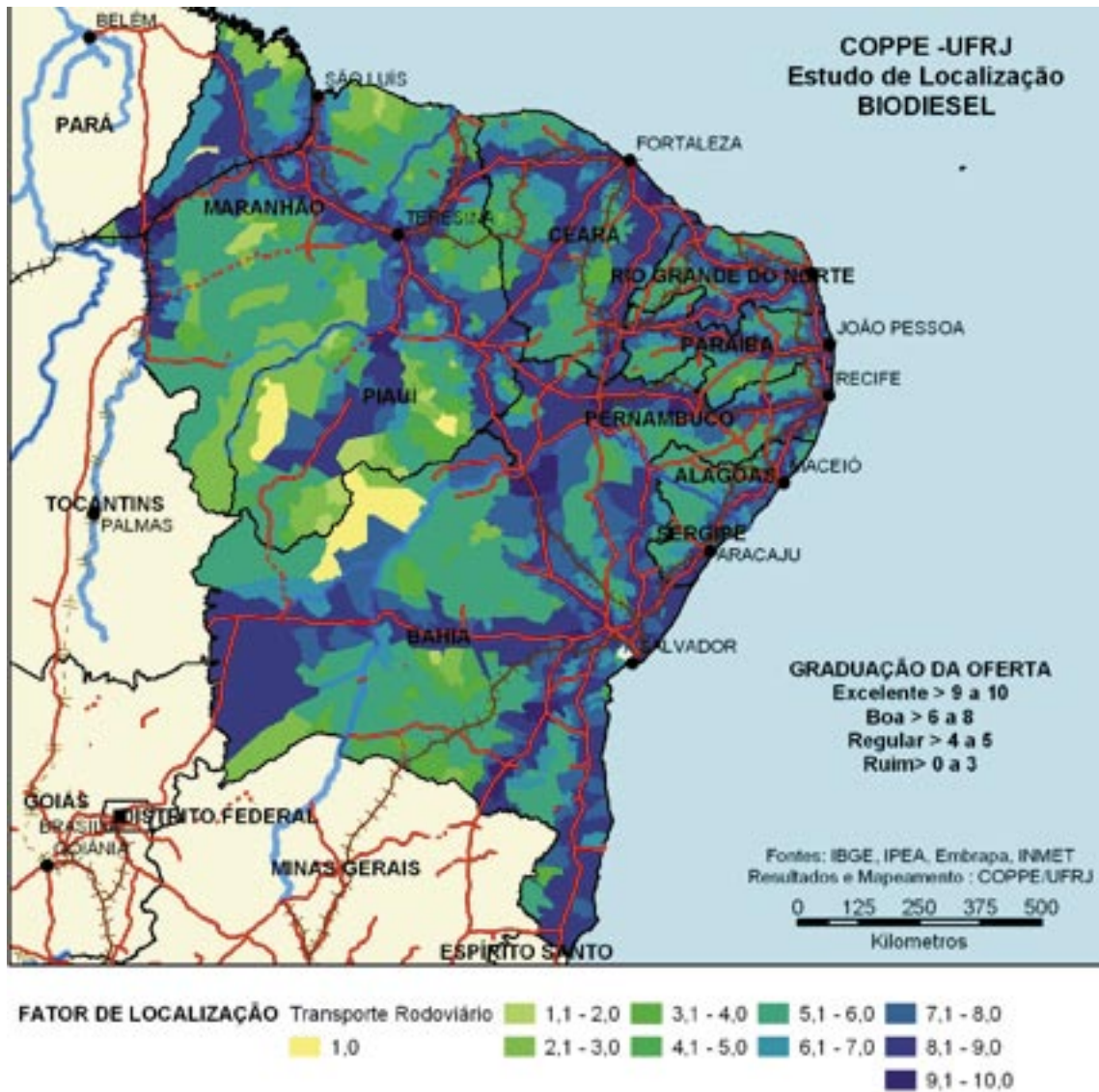


Figura 1: Mapa temático com a mensuração da oferta territorial de um fator de localização

3.6. Processamento oferta x demanda

As matrizes de oferta e demanda obtidas são processadas em *software* específico, através de um operador de lógica Fuzzy que estabelece as regras de cotejo entre intensidade de oferta e peso da demanda. O processamento da oferta e demanda gera como resultado uma matriz *municípios x atividades* > *indicadores de localização* que mostra o grau de adequação da cada atividade do ciclo de biodiesel para cada município. Este grau obtido estabelece um “ranking”, expresso em função da convergência para o

valor numérico “1”. Valores maiores do que “1” indicam um excedente de oferta, valores menores indicam que pelo menos um fator de localização deixou de ser atendido de modo satisfatório, desrecomendando a princípio a localização. A verificação dos mapas de oferta permite identificar fatores não atendidos, e assim elaborar estratégias para recuperação da localidade. O arranjo matricial dos resultados também permite a verificação de desempenho por local ou por atividade (ex: totalizando as colunas, obtêm-se o ranking de atendimento do

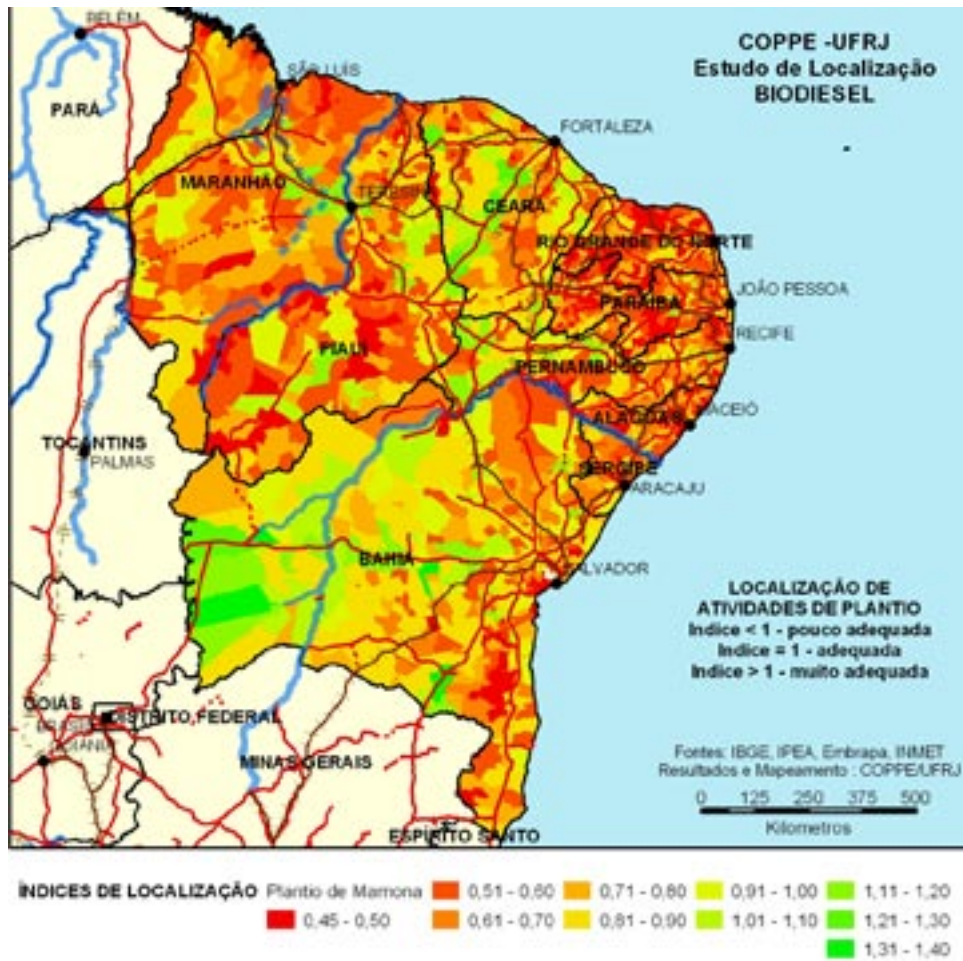


Figura 2: Mapa temático com indicadores de localização para a atividade de plantio da mamona

terrotório às atividades como um todo; totalizando as linhas, o ranking dos locais mais promissores).

3.7. Análise dos resultados

Após sua obtenção, os resultados do processamento de cotejo oferta x demanda podem ser novamente incorporados ao sistema georeferenciado de informações, associando-se as tabelas pelo campo do código municipal. A edição apropriada de legendas e convenções cromáticas associadas ao valor dos indicadores hierárquicos de localização obtidos possibilita a visualização dos resultados. Os métodos estatísticos de classificação dos dados permitem editar os mapas temáticos de resultados, assim identificar características do conjunto de resultados e proceder com sua validação. A “Figura

2” em anexo mostra um mapa gerado para análise de resultados. A partir dos resultados obtidos, foi proposto um zoneamento de municípios aptos para cada atividade (plantio, esmagamento, transesterificação) e elaborado um estudo considerando múltiplas rotas para obtenção de custos de revenda e subsídios.

4. Conclusão

O emprego de interface gráfica digital foi decisivo para a verificação da integridade e consistência dos dados processados no estudo e de seus resultados. A utilização de cores e símbolos graduados na tematização dos mapas permitiu melhor distinguir e identificar os parâmetros qualitativos e quantitativos, possibilitando estabelecer correlações ao nível de intensidade e frequência entre

os diversos elementos que impactam na localização. O fato das alternativas aplicadas às convenções gráficas dos temas serem controladas por métodos estatísticos de classificação de valores numéricos e atributos de texto conferiu enorme flexibilidade e dinâmica ao processo decisório.

A visualização e análise de mapas expressando os dados de *input* (oferta) e *output* (indicadores) do modelo de localização adotado permitiu uma melhor avaliação de sua operacionalidade, pois o formato tabular matricial não permite fazer associações cognitivas sobre a distribuição espacial do dado. Uma das conseqüências imediatas da adoção da interface gráfica foi o aprimoramento do operador de cotejo baseado em lógica fuzzy, devido a maior qualidade de recursos para estabelecer uma correlação científica entre oferta, demanda e hierarquia obtida.

Os resultados apresentados forma avaliados pelo demandante como positivos, e alimentaram um modelo gerador de alternativas de custo de produção. No momento estamos desenvolvendo novos estudos comparativos entre a mamona e a soja, ampliando a área estudada e novamente envolvendo localização e custos. Neste estudo em curso, já estamos utilizando uma versão aprimorada da metodologia aqui apresentada, com critérios para a mensuração de oferta aprimorados e operadores mais adequados ao caso do ciclo de produção do biodiesel.

Carlos Alberto Nunes Cosenza

Professor Titular, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial- Escola Politécnica e Programa de Engenharia de Produção- COPPE. Engenheiro de Produção, UFRJ, 1974; Economista, UERJ, 1963. D. Sc. UFSC 1974. Pós-Doutorado, Cambridge, 1981. Áreas de Interesse: Localização Industrial, Economia, Engenharia de Produção, Projetos Industriais.

Fernando Rodrigues Lima

Professor Adjunto da UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Expressão Gráfica- Escola Politécnica, Arquiteto FAU-UFRJ 1985, D.Sc. COPPE-UFRJ 1993. Áreas de Interesse: Computação Gráfica, Geoprocessamento, Desenho Técnico, CAD, Localização Industrial.

César das Neves

Professor Titular, UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial- Escola Politécnica e Programa de Engenharia de Produção- COPPE, Professor Titular, UERJ, Faculdade de Engenharia. Áreas de Interesse: Avaliação de Projetos, Economia, Engenharia de Produção, Análise de Custos.

Referências

- Attanasio, D., Masterlli. 1974. *Modelo di Assetto Territoriale e di Localizzazione Industriale*. Bologna: Centro Studi Confindustria.
- Beltrão, N.E.M. 2003. *Mamona: Árvore do Conhecimento e Sistemas de Produção para o Semi-Árido Brasileiro*. ISSN 0100-6460. Em: Circular Técnica 070. Campina Grande: EMBRAPA-CNPQ.
- Cosenza, C. A.. 1981. *A Industrial Location Model*. Working paper. Cambridge: Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge University
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, *Servidor de mapa*, <http://mapas.ibge.gov.br/website/> (08-02-2004)
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, *SIDRA -Sistema IBGE de Recuperação Automática*, <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=10> (10-02-2004)
- Lima, F. R. and C.A. Cosenza . 1999. Aplicação de um Modelo de Hierarquização de Potenciais de Localização no Zoneamento Industrial Metropolitano: Metodologia para mensuração de Oferta e Demanda de Fatores Locacionais. In: *VICIE - International Congress Of Industrial Engineering e XIX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Minami, M. 2000. *Using ArcMap*. Readlands: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Minami, M. 2000. *Editing in ArcMap*. Readlands: Environmental Systems Research Institute, Inc.