

LOCALIZAÇÃO DE USINAS DE BIODIESEL DE DENDÊ PARA ABASTECIMENTO DOS SISTEMAS ISOLADOS DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO PARÁ.

Najmat Celene Nasser Medeiros Branco

PPGEP, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rua Marquês de São Vicente, 225, 22453-900, Gávea, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
najmatc@yahoo.com.br

Kelly Daiane de Sousa Feitosa

Pós-Graduação em Engenharia Ferroviária, Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, Av. Colares Moreira, 443, 65075-970, Renascença II, São Luís, Maranhão, Brasil.
kellydsf@yahoo.com.br

André Cristiano Silva Melo

Laboratório de Logística, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Universidade do Estado do Pará, Travessa Dr. Enéas Pinheiro, 2626, 66095-015, Marco, Belém, PA, Brasil.
acsmelo@yahoo.com.br

Thassy Jorge Gonçalves Pereira

Laboratório de Logística, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Universidade do Estado do Pará, Travessa Dr. Enéas Pinheiro, 2626, 66095-015, Marco, Belém, PA, Brasil.
thassy@ymail.com

Resumo

O estado do Pará possui grande potencial para geração de energia elétrica por meio de Usinas Hidrelétricas, entretanto parte de sua população continua ou sem acesso a esta energia ou sendo suprida de energia elétrica proveniente de geradores a óleo diesel. Além deste potencial, o estado possui uma forte cadeia produtiva de óleo de dendê, uma matéria-prima muito promissora na produção de biodiesel. Desta forma, configuram-se oferta e demanda para uma cadeia produtiva de biodiesel para atendimento aos sistemas elétricos atualmente alimentados por óleo diesel. Neste trabalho é estudada a logística da região e a cadeia produtiva de dendê de modo a aplicar o modelo de P-Medianas em dois cenários para localização de instalações visando compor esta cadeia de suprimentos. Os resultados alcançados no primeiro cenário, que busca localizar apenas uma usina, indicam a cidade de Santo Antônio do Tauá como escolha e, no segundo cenário, a divisão dos consumidores entre Santo Antônio do Tauá e Tailândia, conforme a proximidade dos portos de Belém e Santarém. **Palavras-chave:** Sistemas Isolados do Estado do Pará; Biodiesel de dendê; Modelo de P-Mediana.

Abstract

The State of Pará holds a huge potential for hydroelectric power generation, although a considerable part of its population remains without access to that power, being supplied by diesel generators. Beyond its potential, the State also holds a strong commodity chain of palm oil, a very promising raw material for biodiesel production. In such a way, it can be seen that supply and demand are present for a biodiesel supply chain for the power system currently fueled with diesel. In our paper, we study the regional logistics and the palm commodity chain, aiming to apply the P-Medians model in two scenarios for facilities location to transform palm into biodiesel. Our results in the first scenario, that aims to locate only one

facility, points to the city of Santo Antônio do Tauá, and, in the second scenario, which locates two facilities, the costumers are divided among Santo Antônio do Tauá and Tailândia, according to the proximity of the ports of Belém and Santarém.

Key-words: Pará State Isolated Systems, Palm Biodiesel, P-Median Model.

1. Introdução

O Pará é um dos maiores produtores de energia elétrica do país, em virtude de possuir um elevado potencial para a geração de energia hidrelétrica. Dados do Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro - SIPOT (ELETRONORTE, 2010) e Pinto (2008), apresentam o estado como um dos grandes produtores e o terceiro exportador de energia elétrica do Brasil, destacando-se pelo seu elevado potencial hidrelétrico, com estimativa da ordem de 49.000 megawatts (MW). Entretanto, parte de sua população não se beneficia com a energia proveniente de Usinas Hidrelétricas (UHE's), dividindo-se entre os que não possuem acesso algum à energia elétrica e os que são supridos por energia elétrica advinda de geradores estacionários movidos a combustível fóssil, denominados Sistemas Isolados (SI's). Portanto, apesar de todo o seu potencial, existe um contraste no estado entre potencialidade existente e demanda reprimida.

Esses SI's existem necessariamente em locais dispersos, onde os sistemas de transmissão de energia, conhecidos como "linhões", não atendem à população (ASSUMPCÃO FILHO, 2010). Além disso, são áreas onde o projeto para integração ao Sistema Interligado Nacional (SIN) demandará um longo prazo. Diante deste cenário, formas alternativas de geração de energia tornam-se importantes tanto para consumo da população, como para uso de pequenas áreas produtoras paraenses. O mapeamento da cadeia produtiva do biodiesel oferece diferentes formas de obtenção da matéria-prima para geração de energia elétrica, utilizando a biomassa produzida no estado para gerar eletricidade aos SI's.

Segundo Costa e Prates (2005), o biodiesel vem sendo estudado com frequência, sendo pauta de projetos governamentais na intenção de reduzir a dependência pelo petróleo, visto sua provável carência e alto custo em futuro próximo. Esse proporciona ainda, significativas vantagens para a sociedade, com geração de emprego e renda, e ao meio ambiente, destacando-se a redução da emissão de dióxido de carbono (CO₂), principal causa do efeito estufa (SANTOS, 2008). Além disso, o biodiesel possui inúmeras fontes de geração, que variam desde os óleos vegetais até alguns resíduos como o bagaço de cana e gorduras animais.

No estado do Pará, o óleo de dendê é o mais visado para produção do biodiesel, devido à sua alta produtividade e rendimento (PETROBRÁS, 2010). A decisão sobre a disposição geográfica dos componentes de sua cadeia produtiva é de suma importância para o resultado final do processo de produção e distribuição do biodiesel de dendê. Assim, de acordo com Lacerda (2010), a localização das instalações influi de forma decisiva na obtenção do sucesso de um produto em chegar na hora certa às mãos do consumidor, ou seja, do biodiesel chegar aos SI's para que a energia elétrica atenda aos consumidores.

Com essa realidade de necessidade energética, através de fontes renováveis e do potencial natural que o Pará possui, é inadequado o uso de combustíveis fósseis dentro do estado para este fim. Podendo ter uma energia mais limpa, menos dispendiosa e ainda com contribuição ao meio ambiente, além de gerar novos empregos e projetos no meio rural.

O presente artigo presta-se a analisar a potencial cadeia de biodiesel de dendê do estado do Pará e, considerando aspectos logísticos locais, localizar usinas de biodiesel para atendimento aos SI's do estado. Para tal, a Seção 2 traz uma revisão de literatura sobre tópicos de logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos, apresentando o arcabouço teórico do modelo de *P-Mediana*, utilizado com o propósito de localizar usinas de biodiesel em dois cenários e distribuir a demanda entre estas de forma ótima. A Seção 3 apresenta a localização dos Sistemas Isolados e suas demandas no ano de 2009, bem como estuda os potenciais locais

para instalação de usinas, definindo como se dará o transporte do biodiesel entre as usinas e os consumidores e a metodologia para cálculo das distâncias, visando a inserção destes dados no modelo. Os resultados são apresentados na Seção 4, onde também são tecidos alguns comentários sobre estes. A culminância deste trabalho dá-se na Seção 5, com discussões sobre os resultados alcançados e perspectivas para trabalhos futuros.

2. Logística empresarial e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

Para Gonçalves (2007), a logística empresarial é um termo recorrente nos negócios e no meio acadêmico e significa a geração de redução de custos nas empresas e melhores serviços aos clientes. Já o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos ou, em inglês, *Supply Chain Management* (SCM), em seu estágio mais avançado, está sendo utilizado para o planejamento de processos de negócios que integram não só as áreas funcionais de uma empresa, como também coordenam e alinham os esforços de diversas organizações na busca por reduzir custos e agregar o máximo valor ao cliente final (FERRAES NETO e KUEHNE JUNIOR, 2002). Sendo assim, pode-se dizer que a logística é parte do processo da Cadeia de Suprimentos (CS) e que cada tipo de empresa tem sua cadeia produtiva e operações logísticas particulares.

Na tomada de decisão em um sistema logístico, três componentes de desempenho são considerados fundamentais: transportes, estoques e instalações (BALLOU, 2006). Além disso, atuando de modo mais amplo, como uma espécie de integrador, existe outro componente de desempenho, a informação (BOWERSOX; COOPER; CLOSS, 2006). A capacidade de compreender as relações e os possíveis impactos (compensações) de decisões relacionadas a tais componentes constitui uma competência fundamental à concepção de estratégias logísticas. Qualquer operação logística constitui um possível arranjo entre estes quatro componentes de desempenho, refletindo uma potencial estratégia logística. Por estarem diretamente relacionados a decisões de operações logísticas e, sobretudo, por somente a partir destes, ser possível medir, de forma direta, o desempenho operacional de uma estratégia logística, tais componentes são aqui definidos como Componentes de desempenho logístico operacionais. O arranjo logístico entre os componentes operacionais é que torna possível gerar um diferencial competitivo, seja em custos seja em nível de serviço, componentes estes mais “palpáveis” sob a ótica do cliente que, em geral, está menos familiarizado com aspectos operacionais da logística. Por serem de muito mais fácil percepção pelo cliente, custos e nível de serviço são componentes muito influentes no processo de perdas e conquistas de fatias de mercado, constituindo uma abordagem mais tradicional e estratégica de avaliação de desempenho. Por esta razão, custos e nível de serviço são aqui considerados Componentes de desempenho logístico estratégicos.

O transporte é uma área fundamental de decisões no *mix* logístico, pois, excetuando os produtos adquiridos, é, dentre as atividades logísticas, a que absorve a maior percentagem dos custos (BALLOU, 2006). Assim, os sistemas logísticos devem ser projetados para utilizar o tipo de transporte que minimize o custo total do sistema (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Deve-se também optar pela redução dos níveis de estoques devido a fatores como maior diversidade de produtos, maior número de clientes a serem atendidos, elevado custo de oportunidade de capital e crescente foco gerencial no controle dos custos variáveis (GOMES e RIBEIRO, 2004). Sendo assim, as estratégias logísticas são projetadas para manter o mínimo possível de recursos financeiros em estoque (BOWERSOX e CLOSS, 2001), tendo sempre em vista o custo logístico total.

O componente instalações tem impacto direto sobre a capacidade e o custo do serviço ao cliente (BOWERSOX; COOPER; CLOSS, 2006), pois sua localização influi fortemente nos outros componentes de desempenho, *e.g.*, esboça a forma como o transporte deverá ser realizado e, conseqüentemente, os níveis de estoque mantidos.

2.1. Localização de Instalações

Os problemas de localização de instalações tipicamente possuem uma complexidade bastante alta e envolvem uma grande quantidade de dados. A complexidade deve-se ao fato de a análise lidar com um conjunto extenso de variáveis de decisão que se influenciam mutuamente e ao alto número de possíveis alternativas a serem analisadas e comparadas, mesmo para problemas de pequeno porte, sendo comum se trabalhar com centenas de produtos, centenas de potenciais locais para terminais, centros de distribuição ou fábricas, dezenas de fornecedores, múltiplos modais de transporte e milhares de clientes (LACERDA, 2010).

Devido à importância da decisão sobre localização de instalações e sua influência nos resultados de uma empresa, a mesma requer atenção especial. A abrangência de decisões em torno dela é extensa e isso gera uma problemática relevante, pois um simples detalhe não considerado pode reduzir seriamente a competitividade da empresa ou ainda deixá-la impossibilitada de manter-se no mercado.

Disseminar instalações para armazenamento e distribuição de biodiesel na maior parte das regiões brasileiras foi, e é, o desafio do Governo Federal e também das empresas privadas, que têm interesse na produção do biodiesel, buscando alavancar o desenvolvimento do projeto sobre energias renováveis. A facilidade em ter muitas alternativas de matéria-prima torna-se um problema na hora da decisão sobre onde instalar as usinas de transformação: mais próximas dos produtores agrícolas ou dos consumidores (ROZENTAL e PIZZOLATO, 2009). Devido este impasse é que são estudados e elaborados modelos de localização das instalações, não só no caso do biodiesel, mas em toda situação de novo empreendimento ou expansão de um já existente.

Ante a importância das decisões sobre localização de instalações, modelos são propostos com relação a cada caso específico de implantação e outros formulados de forma genérica. Notadamente, tem-se o problema de *P*-Medianas, que localiza *P* instalações, considerando um conjunto de vértices, de forma a minimizar a soma das distâncias de cada vértice e a instalação mais próxima (SILIPRANDE e CORTES, 2008). De acordo com Wanke, Montebeller Junior e Tardelli (2009), a formulação assume que as demandas não são sensíveis ao nível de serviço e que há um conjunto finito de localidades potenciais para a instalação. Nota-se ainda que esse problema não considera estoque e lida com aspectos de transporte. Os mesmos autores definem matematicamente o problema da seguinte forma:

i = índice do nó de demanda;

j = índice do nó que representa a localidade potencial de uma instalação;

h_i = demanda do nó i ;

d_{ij} = distância entre o nó de demanda i e o nó j que representa a localidade potencial de uma instalação;

P = número de instalações a serem localizadas.

As variáveis de decisão do problema de *P*-Mediana são dadas por:

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{se uma instalação é localizada na potencial localidade } j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se o nó } i \text{ é coberto} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A função objetivo do problema de programação linear inteira é dada por:

$$\text{Minimizar } \sum_i \sum_j h_i \cdot d_{ij} \cdot y_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_j x_j = P \quad (2)$$

$$\sum_j y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (3)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (5)$$

$$z_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (6)$$

A função objetivo (1) minimiza a soma ponderada das distâncias de cada vértice e a instalação mais próxima. A restrição (2) garante que exatamente P instalações serão localizadas. A restrição (3) garante que toda a demanda será alocada a ao menos uma instalação. Já a restrição (4) permite a alocação da demanda somente a instalações abertas. Finalmente, as restrições (5) e (6) garantem que as variáveis do problema assumam os valores binários adequados.

3. Tratamento de dados considerados no estudo

Primeiramente, cabe a apresentação das 36 cidades paraenses supridas por SI's. Suas coordenadas geodésicas e a mesorregião do estado do Pará na qual se inserem estão apresentadas na Tabela 1 e pode-se conferir no mapa da Figura 1 suas localizações. A tabela mencionada também apresenta a demanda por diesel durante todo o ano de 2009 para cada SI. Nota-se que, apesar de haver uma diferença no rendimento entre diesel e biodiesel, a correção desta diferença por um fator, visando obter a demanda por biodiesel via demanda por diesel, torna-se desnecessária na utilização do problema de P -Medianas, uma vez que a proporcionalidade da demanda não será alterada.

Cidades	Mesorregião	Longitude (°)	Latitude (°)	Demanda (m ³)
Afuá	Marajó	-0,15	-50,38	2.063
Alenquer	Baixo-Amazonas	-1,94	-54,73	6.296
Almeirim	Baixo-Amazonas	-1,52	-52,38	3.295
Anajás	Marajó	-0,98	-49,93	1.405
Aveiro	Sudoeste Paraense	-3,6	-55,33	455
Bagre	Marajó	-1,89	-50,16	1.177
Barreira do Campo	Sudeste Paraense	-9,15	-49,92	318
Breves	Marajó	-1,68	-50,47	10.076
Cachoeira do Arari	Marajó	-1,01	-48,96	1.120
Chaves	Marajó	-0,15	-49,98	430
Cotijuba	Metropolitana de Belém	-1,24	-48,54	1.056
Currálinho	Marajó	-1,41	-49,79	1.744
Curuá	Baixo-Amazonas	-1,88	-55,11	1.360
Faro	Baixo-Amazonas	-2,17	-56,74	931
Gurupá	Marajó	-1,4	-51,63	1.757
Jacareacanga	Sudoeste Paraense	-6,22	-57,75	1.178
Juruti	Baixo-Amazonas	-2,15	-56,09	9.398
Melgaço	Marajó	-1,8	-50,71	916
Monte Alegre	Baixo-Amazonas	-2	-54,06	9.423
Monte Dourado	Baixo-Amazonas	-0,52	-52,31	3.787
Muaná	Marajó	-1,52	-49,21	2.090

Óbidos	Baixo-Amazonas	-1,91	-55,51	6.686
Oeiras do Pará	Nordeste Paraense	-2	-49,85	1.642
Oriximiná	Baixo-Amazonas	-1,76	-55,86	9.533
Ponta de Pedras	Marajó	-1,38	-48,87	2.934
Portel	Marajó	-1,93	-50,82	2.253
Porto de Moz	Baixo-Amazonas	-1,74	-52,23	4.896
Prainha	Baixo-Amazonas	-1,79	-53,47	1.675
Salvaterra	Marajó	-0,75	-48,51	4.314
Santa Cruz do Arari	Marajó	-0,66	-49,16	697
Santa Maria das Barreiras	Sudeste Paraense	-8,85	-49,72	647
Santana do Araguaia	Sudeste Paraense	-9,5	-50,62	10.535
São Miguel	Baixo-Amazonas	-0,9	-52,42	101
São Sebastião da Boa Vista	Marajó	-1,71	-49,54	1.694
Soure	Marajó	-0,71	-48,52	4.722
Terra Santa	Baixo-Amazonas	-2,1	-56,48	2.422

Fonte: Branco e Feitosa (2010)

Tabela 1 – Localização dos SI's e demanda por diesel.

Branco e Feitosa (2010) apontam para a existência de dois pólos de produção de dendê no Pará, de forma que foi escolhida uma cidade em cada pólo como candidata a receber uma usina de biodiesel: Tailândia e Santo Antônio do Tauá (apresentadas no mapa da Figura 1). Para o cálculo das distâncias, faz-se necessária uma análise apurada de Figura 1 e Tabela 1. Nota-se que os SI's localizados nas Mesorregiões de Marajó (Norte), Região Metropolitana de Belém (Nordeste), Nordeste Paraense, Baixo-Amazonas (Noroeste) e Sudoeste Paraense são acessíveis apenas via fluvial, entretanto Tailândia e Santo Antônio do Tauá não possuem portos. Desta forma, por questões de localização, foi decidido que o biodiesel destinado às Regiões do Baixo-Amazonas e Sudoeste Paraense será escoado via modal rodoviário até o Porto de Santarém e de lá para o consumidor por via fluvial; enquanto as regiões de Marajó, Região Metropolitana de Belém e Nordeste Paraense serão supridas de forma análoga pelo Terminal Petroquímico de Miramar, localizado na cidade de Belém.

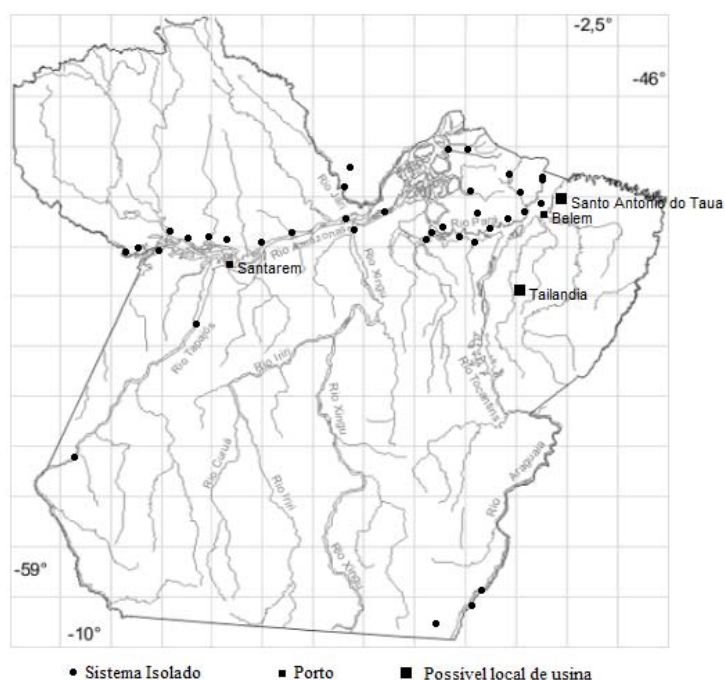


Figura 1 – Sistemas Isolados do Estado do Pará e cidades candidatas a receber usina de biodiesel.

Santarém e Belém encontram-se no mapa da Figura 1, suas coordenadas geodésicas segundo Branco e Feitosa (2010) são, respectivamente, longitude $-2,44^\circ$ e $-1,45^\circ$ e latitude $-54,7^\circ$ e $-48,5^\circ$ e as distâncias rodoviárias para as localidades potenciais para as usinas são dadas na Tabela 2, onde também estão as distâncias entre estas cidades e os SI's do Sudeste Paraense.

	Santo Antônio do Tauá	Tailândia
Belém	64	187
Santarém	865	783
Barreira do Campo	932	718
Santa Maria das Barreiras	983	728
Santana do Araguaia	1155	786

Fonte: Branco e Feitosa (2010)

Tabela 2 – Distâncias (km) rodoviárias reais das cidades candidatas a receber usinas.

As distâncias hidroviárias entre Santarém e Belém e os SI's mencionados foram estimadas com base na distância euclidiana. Para tal, primeiramente fez-se necessário converter as coordenadas geodésicas em coordenadas cartesianas, o que foi feito com auxílio das equações (7) e (8), fornecidas por Wanke, Montebeller Júnior e Tardelli (2009). Feita a conversão, a distância euclidiana, foi calculada e aproximada da distância real por meio da multiplicação por um fator de sinuosidade, $k = 1,37$. Tal valor foi encontrado por Branco e Feitosa (2010) ao comparar as distâncias euclidianas com algumas distâncias hidroviárias reais disponibilizadas em Pará (2006). Obtidas estas distâncias, a distância entre um SI e uma cidade candidata a receber usina será dada pela soma entre a distância entre o porto de Santarém ou Belém e a distância entre a cidade candidata e o porto.

$$x = -3959 \times \text{ACOS}\{\text{SEN}(0)^2 + \text{COS}(0)^2 \times \text{COS}(\text{RAD}(\text{GRAUS DE LONGITUDE}))\} \times 1,609 \quad (7)$$

$$y = -3959 \times \text{ACOS}\{\text{SEN}(0) \times \text{SEN}(\text{RAD}(\text{GRAUS DE LATITUDE})) + \text{COS}(\text{RAD}(\text{GRAUS DE LATITUDE})) \times \text{COS}(0)\} \times 1,609 \quad (8)$$

4. Resultados e discussão

Para o desenvolvimento do modelo, foram considerados dois cenários: primeiro, a localização de apenas uma usina de biodiesel (Seção 4.1), onde buscou-se apurar qual o local ótimo para construção de uma usina e, segundo, a localização de duas usinas (Seção 4.2), para investigar qual a melhor forma de distribuição das demanas entre as usinas de biodiesel abertas nas duas cidades candidatas. Uma análise sobre os resultados obtidos em ambos os cenários é realizada na Seção 4.3.

4.1. Localização de uma usina

O modelo utilizado apontou como local ótimo para abertura da única usina a cidade de Santo Antônio do Tauá. A configuração da rede de distribuição do biodiesel pode ser visualizada na Figura 2, onde é necessário atentar para o fato de os fluxos serem apenas representativos, pois, na verdade, o biodiesel perpassa pelo porto correspondente e, só então, segue para o SI.

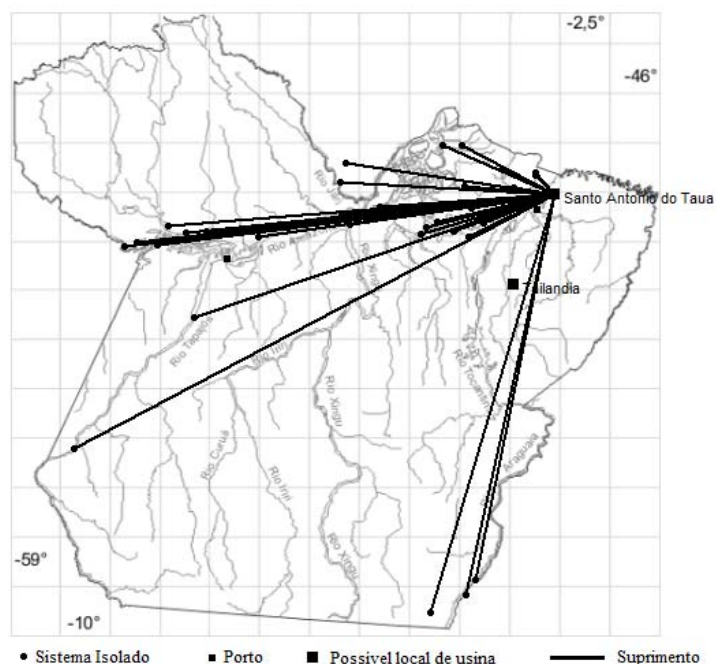


Figura 2 – Fluxo representativo da localização de uma usina.

4.2. Localização de duas usinas

Quando da localização de usinas em ambas as cidades, tem-se a configuração da rede de distribuição dada na Figura 3, atentando novamente para o fato de o fluxo ser apenas representativo, já que há o transbordo nos portos.

Mais especificamente, a cidade de Tailândia atende aos SI's de Alenquer, Aveiro, Barreira do Campo, Curuá, Faro, Jacareacanga, Juruti, Monte Alegre, Óbidos, Oriximiná, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia e Terra Santa. Enquanto, Santo Antônio do Tauá abrangeu os SI's restantes (Afuá, Almeirim, Anajás, Bagre, Breves, Cachoeira do Arari, Chaves, Cotijuba, Curalinho, Gurupá, Melgaço, Monte Dourado, Muaná, Oeiras do Pará, Ponta de Pedras, Portel, Porto de Moz, Prainha, Salvaterra, Santa Cruz do Arari, São Miguel, São Sebastião da Boa Vista e Soure).

4.3. Análise dos resultados

No tocante à localização de uma única usina, realizada na seção 4.1, um fator importante de ser notado é a semelhança das distâncias rodoviárias de Santarém a Tailândia e a Santo Antônio do Tauá, de forma que a decisão de implantação de uma usina em uma destas duas cidades, considerando os custos de transporte para escoar a produção para os SI's atendidos via porto de Santarém, seria indiferente. Neste caso, a escolha de Santo Antônio do Tauá justifica-se por sua grande proximidade do porto de Belém (Tabela 2), reduzindo, significativamente, as distâncias para o grupo de SI's atendidos via este porto e compensando o transporte até Santarém para atendimento aos demais SI's.

A lógica da distribuição dos SI's entre as duas usinas, localizadas na seção 4.2, é bastante clara, com Tailândia atendendo às cidades supridas via porto de Santarém e às cidades do Sudeste do estado, e Santo Antônio do Tauá ficando responsável pelo suprimento das demandas escoadas via porto de Belém.

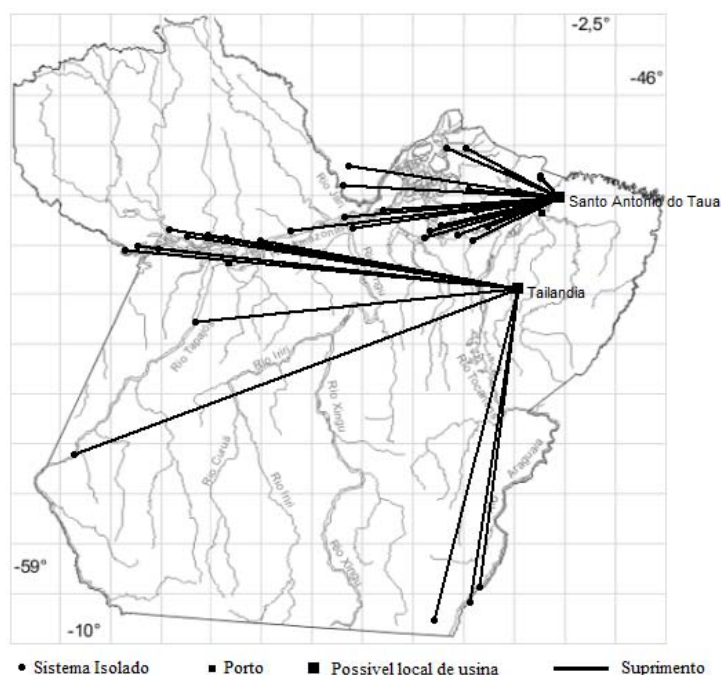


Figura 3 – Fluxo representativo da localização de duas usinas.

5. Conclusão

Com o mercado nacional e internacional em expansão, o plantio do dendê ganha importância cada vez maior no setor agrícola paraense, estimulando novos investimentos, tanto em áreas de cultivo quanto em indústrias de processamento. Isso impacta positivamente no estado devido aos resultados econômicos, sociais e ambientais benéficos, principalmente no que concerne a geração de energia elétrica em cidades do estado atendidas por Sistemas Isolados, oferecendo às suas populações melhores condições de vida.

Entretanto, a existência de SI's no Pará se deve à dispersão das cidades atendidas e às características geográficas da região, que dificultam e inviabilizam economicamente a construção de linhas de transmissão de grande extensão, com a maioria das cidades isoladas por rios. Deste modo, o atendimento de energia elétrica é realizado por meio de geração termelétrica, a partir de derivados de petróleo, principalmente o diesel.

Esse combustível, além de ser considerado altamente poluente ao meio ambiente, chega às comunidades isoladas com um preço elevado, devido os altos custos com transporte. Logo, para a substituição deste combustível pelo biodiesel de dendê, fez-se necessário realizar o estudo da cadeia produtiva do mesmo, de maneira a informar qual o melhor local da(s) instalação(ões) de usina(s) produtora(s) deste combustível. Para tal, foram consideradas as distâncias entre as cidades de oferta do óleo de palma e as cidades que são atendidas por sistemas elétricos isolados.

A partir disso, utilizou-se como modelo de localização de instalações, referente ao problema de *P-Mediana*, oferecendo suporte à decisão para definição da localização dessa(s) usina(s). Após a análise dos dados, o resultado alcançado, para o problema de localização de uma instalação produtora de biodiesel de dendê, foi a cidade de Santo Antônio do Tauá. Deste modo, o modelo de *P-Mediana* buscou a alocação de toda essa demanda a uma única cidade, de forma que todas fossem atendidas, minimizando a soma das distâncias entre a cidade de oferta de óleo de dendê (Santo Antônio do Tauá) e as 36 (trinta e seis) cidades atendidas por sistemas elétricos isolados.

Conforme descrito, anteriormente, o número de instalações a serem localizadas foi igual a um. Entretanto, testou-se no programa, também, a possibilidade de localização de duas instalações produtoras de biodiesel de dendê, cujos resultados foram as áreas de cobertura do município de Tailândia e do município de Santo Antônio do Tauá, individualmente. A solução do problema da *P-Mediana* localizou uma instalação em cada município e alocou à Tailândia 13

(treze) municípios, sendo: Alenquer, Aveiro, Barreira do Campo, Curuá, Faro, Jacareacanga, Juruti, Monte Alegre, Óbidos, Oriximiná, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia, e Terra Santa. Enquanto que Santo Antônio do Tauá abrangeu 23 (vinte e três) municípios, sendo: Afuá, Almeirim, Anajás, Bagre, Breves, Cachoeira do Arari, Chaves, Cotijuba, Curalinho, Gurupá, Melgaço, Monte Dourado, Muaná, Oeiras do Pará, Ponta de Pedras, Portel, Porto de Moz, Prainha, Salvaterra, Santa Cruz do Arari, São Miguel, São Sebastião da Boa Vista e Soure.

A partir dessa análise, pode-se inferir também que o município de Tailândia terá Santarém como porto de escoamento para todas as cidades acima, exceto Barreira do Campo, Santa Maria das Barreiras e Santana do Araguaia (acesso rodoviário). Já o município de Santo Antônio do Tauá terá Belém como porto de escoamento para o segundo grupo de cidades.

O segundo experimento ampliou a eficiência do modelo de *P*-Mediana, melhorando também a disponibilidade do biodiesel de dendê para os municípios mais isolados, pois a localização de uma única instalação poderia sobrecarregar a usina e a mesma poderia não atender às suas demandas, considerando a aplicação real desse modelo.

Observa-se que o problema de *P*-Mediana, neste caso, encontrou as soluções propostas, porém, para diferentes casos, o mesmo tem algumas limitações, como o fato de não considerar estoques, custos, distâncias ou tempos máximos aceitáveis de serviço etc. Neste sentido, sua modelagem deve ser modificada e um modelo a ser aplicado é o Problema de Localização de Facilidades com custo fixo e capacidade, onde se adicionam a um problema de *P*-Mediana o custo fixo de determinada instalação, sua capacidade e uma restrição em que a demanda total, atribuída a mesma, não ultrapasse sua capacidade (WANKE; MONTEBELLER JÚNIOR; TARDELLI, 2009). Assim, minimiza-se o custo total da rede (construção, instalação e transporte) e garante-se que toda a demanda seja atendida por, pelo menos, uma instalação, não ultrapassando sua capacidade.

Como o problema de *P*-Mediana pode ser adaptado a diversas situações e, por isso, adicionadas novas restrições e parâmetros, espera-se que, na aplicação desses novos modelos, os resultados encontrados sejam tão satisfatórios quanto o uso do problema em sua forma mais simples.

Referências

ASSUMPTÃO FILHO, Orlando de. **Sistemas Isolados**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/sistemas_isolados.html>. Acesso em: 08 mar. 2010.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX, Donald J.; COOPER, M. B.; CLOSS, David J. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. São Paulo: Bookman, 2006.

BRANCO, Najmat; FEITOSA, Kelly. **Uso do modelo de *P*-Mediana na cadeia produtiva do biodiesel do estado do Pará: uma pesquisa aplicada ao suporte à decisão de localização de instalações fornecedoras do sistema elétrico isolado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2010.

COSTA, Ricardo C. da.; PRATES, Cláudia P. T. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005.

ELETRONORTE. **Eletrobras / Eletronorte**. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/aEmpresa/>>. Acesso em: 03 out. 2010.

FERRAES NETO, Francisco; KUEHNE JUNIOR, Maurício. Logística Empresarial. **Coleção Gestão Empresarial**. 2. ed. Fae Business School. Curitiba: Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus, 2002. Disponível em: <<http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/empresarial/4.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2010.

GOMES, Carlos F. S.; RIBEIRO, Priscilla C. C. **Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GONÇALVES, Renato C. Você sabe o que é logística empresarial?. **Portal da Administração**, Rio de Janeiro, 31 jul. 2007. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/voce-sabe-o-que-e-logistica-empresarial/14291/>>. Acesso em: 18 abr. 2010.

LACERDA, Leonardo. **Considerações sobre o estudo de localização das instalações**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <www.sargas.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=29>. Acesso em: 29 abr. 2010.

PARÁ. Portaria n. 261, de 11 de setembro de 2006. In: PARÁ, Secretaria Executiva de Estado da Fazenda. **Portaria n. 261, de 11 de setembro de 2006**. Pará, 2006. Disponível em: <http://www.sefa.pa.gov.br/LEGISLA/leg/estadual/DecInstNormPortarias/Portarias/ps00261_06.htm>. Acesso em: 16 nov. 2010.

PETROBRÁS. **Petrobrás lança projetos de biodiesel no Pará, com presença do presidente Lula**. [S.l.]: Blog Petrobrás - Fatos e dados, 2010. Disponível em: <<http://www.blogspetrobras.com.br/fatosedados/?p=22760>>. Acesso em: 06 mai. 2010.

PINTO, Lúcio F. As mutações da energia, no jornal e na realidade. Imprensa Paraense, **Jornal Pessoal**, n. 424, Observatório da Imprensa, Belém, ago. 2008. Disponível em: <<http://www.observatorioidaimprensa.com.br/artigos.asp?cod=500IMQ006>>. Acesso em: 25 out. 2010.

ROZENTAL, Marcelo; PIZZOLATO, Nélio D. Localização de Shopping Center de vizinhança/Estudo de caso: Barra da Tijuca, Rio de Janeiro – RJ. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, Rio de Janeiro: PUC - Rio, v.1, n. 3, p. 199-207, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.podesenvolvimento.org.br/index.php/podesenvolvimento/article/viewFile/16/57>>. Acesso em: 20 mai. 2010.

SANTOS, Anamélia M. **Análise do potencial do biodiesel de dendê para geração elétrica em Sistemas Isolados da Amazônia**. 2008. 224 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2008.

SILIPRANDE, Marcelo D.; CORTES, Jaqueline M. R. **Problema de localização de antenas de transmissão para Internet a rádio no município de Itaperuna**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. 11 p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_074_525_11507.pdf>. Acesso em: 25 out. 2010.

WANKE, Peter F.; MONTEBELLER JÚNIOR, Edson J.; TARDELLI, Rafael V. **Introdução ao planejamento de redes logísticas**: aplicações em AIMMS (Optimization Software for Operations Research Applications). São Paulo: Atlas, 2009.