

Modelo Matemático Para Subsidiar a Instalação de Unidades Comunitária de Extração de óleo Vegetal no Estado do Ceará

Eduardo Rocha Praça¹, José Lassance de Castro Silva¹, João Bosco Furtado Arruda¹

Universidade Federal do Ceará

edpraca@glen.ufc.br, lassance@lia.ufc.br, barruda@glen.ufc.br

Resumo: - O crescente interesse pelo biodiesel, associado às suas vantagens relacionadas, notadamente na geração de renda no campo, foi desenvolvido um projeto para a implantação de Unidades Comunitárias de Extração de Óleo Vegetal (UCEO's) no Nordeste Brasileiro. O Estado do Ceará já foi contemplado com 6 UCEO's e deverá receber mais 14 Unidades, porém a definição da localização das 6 primeiras não considerou aspectos técnicos. Neste contexto, o presente artigo apresenta um modelo matemático desenvolvido e aplicado para subsidiar a definição da localização das UCEO's no território cearense, considerando a área plantada com oleaginosas no ano de 2008. Foram avaliados 2 Cenários com 4 variantes. Como conclusão, o modelo demonstrou-se consistente e confiável, obtendo a solução de menor custo (13,5% a 26,7%) quando comparada a outras soluções potenciais.

Palavras chave: - Problema das p-medianas, Programação Linear, Programação Inteira.

1. Introdução

Dado o crescente interesse pelo biodiesel no Brasil, ficou consensuado que este combustível, economicamente viável e ecologicamente correto, também deveria proporcionar a inclusão social das famílias de baixa renda do meio rural [1].

Notadamente, na Região Nordeste, esta preocupação é maior, considerando a extrema pobreza da região do semi-árido cuja população que vive abaixo da linha de pobreza é superior a 2 milhões de famílias [2].

Considerando que o óleo vegetal tem maior valor agregado do que os grãos, podendo perfeitamente ser produzidos pelos próprios agricultores, desde que adequadamente organizados em cooperativas, os Governos Federal e Estadual almejam ampliar a renda das famílias produtoras de oleaginosas, através da comercialização do óleo. Neste sentido, a PETROBRÁS está concluindo uma unidade produtora de biodiesel no Estado do Ceará, localizada no município de Quixadá e já

declarou que pretende priorizar, como insumo principal, o óleo vegetal produzido pela agricultura familiar.

Vale salientar que, em se tratando do esmagamento, apesar de se constituir em uma importante etapa da cadeia produtiva do biodiesel, o Estado do Ceará não dispõe de condições mínimas de infra-estrutura que possibilitem processar a quantidade de oleaginosas prevista já em 2008. Desta forma, foi desenvolvido um projeto para a implantação de Unidades Comunitárias de Extração de Óleo Vegetal (UCEO). Tais unidades deverão ser financiadas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e sua gestão será de responsabilidade de cooperativas agrícolas, que seriam encarregadas da produção da matéria-prima (oleaginosas) e da extração do óleo.

Contando com grande apoio político, esta iniciativa ganhou força, de modo que o Estado do Ceará já possui duas unidades: uma em Tauá e outra em Piquet Carneiro, e já foi garantida a implantação de mais quatro unidades nos municípios de Sobral, Aracoiaba, Russas e Limoeiro do Norte. Além disto, o Governo Federal estabeleceu que o Estado do Ceará será contemplado com mais 14 Unidades, ficando a cargo do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS a definição da localização destas instalações.

No entanto, observa-se que para o pleno atingimento dos objetivos governamentais relacionados ao incremento da renda dos pequenos agricultores produtores de oleaginosas, bem como do aumento da competitividade do biodiesel, é necessário que as UCEO's sejam implantadas em locais adequados, de forma a minimizar os custos de transporte.

Diante deste contexto, observa-se a necessidade de estudos técnicos consistentes, embasados em modelagem matemática, capazes de orientar a instalação destas UCEO's. Por outro lado, sabe-se que a não consideração de aspectos técnicos na escolha locacional pode implicar em decisões de elevado custo de oportunidade, prejudicando assim toda a cadeia produtiva do biodiesel no Estado.

De acordo com Espejo [3], o grande interesse pelos estudos de localização é facilmente justificado, pois as

decisões decorrentes envolvem normalmente recursos de capital significativos e com efeitos econômicos de longo prazo. Além deste fator, a implantação de instalações freqüentemente causa, na região escolhida, desenvolvimento econômico, porém, poluição e impactos negativos.

2. Objetivos

Desta forma, considerando toda a área de influência da Usina de Biodiesel (UB) de Quixadá, abrangendo, atualmente, 134 municípios (conforme Figura 1), e o projeto de instalação de 14 UCEO's no território cearense, fica evidente a necessidade de estudar de forma mais aprofundada a localização geográfica das referidas Unidades.

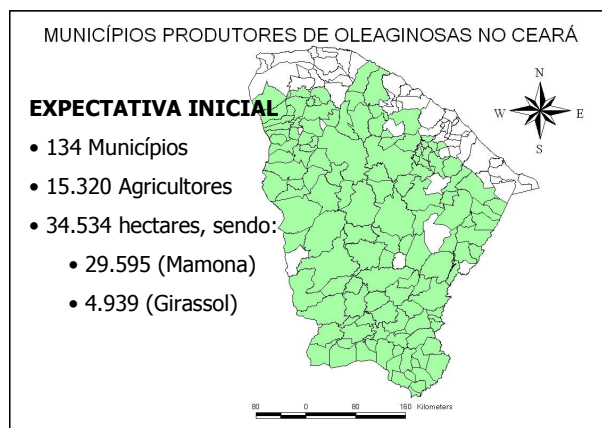


Figura 1: Municípios produtores de oleaginosas no Ceará (área de abrangência da UB Quixadá).

Portanto, este trabalho tem o objetivo de conceber e aplicar um modelo matemático, baseado no custo mínimo de transporte, capaz de subsidiar a tomada de decisão acerca da localização de Unidades Comunitárias de Esmagamento de Óleo Vegetal (UCEO), bem como suas respectivas áreas de influência, considerando as informações geradas e coletadas ao longo do Projeto CASUQ.

A idéia aqui proposta é, inicialmente, estudar 2 cenários considerando a localização de 6 e de 20 UCEO's. Ao estudar o primeiro cenário (localização de 6 UCEO), será possível estabelecer um comparativo com a decisão inicial, tomada com base em critérios não técnicos, a qual resultou na escolha dos municípios de Tauá, Piquet Carneiro, Sobral, Aracoiaba, Russas e Limoeiro do Norte.

No segundo cenário, o que se propõe é indicar as localizações otimizadas das 20 UCEO's, representando a solução teórica com menor custo de oportunidade, desconsiderando que a localização de seis destas

Unidades já está definida. A partir deste cenário, também é possível estabelecer uma variação, estudando-se qual deve ser a localização das 14 novas UCEO's, dado que as localizações de Tauá, Piquet Carneiro, Sobral, Aracoiaba, Russas e Limoeiro do Norte já estão definidas.

3. Metodologia

Para a elaboração do modelo matemático foram observados alguns aspectos gerais que serviram como parâmetros norteadores da modelagem, a saber:

- Qualquer município com plantio de oleaginosa é candidato a receber uma UCEO, com capacidade de processar 6 mil toneladas de oleaginosas/ano;
- Com base na meta inicial da EMATERCE, foi considerada a estimativa de produção de oleaginosas em 134 municípios, situados na área de abrangência da Usina de Biodiesel de Quixadá e agrupados em 57 Unidades Locais (área de influência dos escritórios regionais);
- Utilizou-se a matriz de distâncias rodoviárias do Estado do Ceará (Fonte: DERT/CE);
- A capacidade anual de processamento de bagas da UCEO é de 6.000 t;
- O teor de óleo das oleaginosas é de 43%;
- Custos unitários de transporte:
 - Oleaginosa em baga (coleta primária no município): R\$ 0,30/t.km;
 - Oleaginosa em baga (transporte entre municípios): R\$ 0,20/t.km;
 - Óleo vegetal (transporte até Quixadá): R\$ 0,116/t.km.

Do exposto, depreende-se que o problema consiste em escolher - dentre as 57 Unidades Locais - quais deverão receber uma UCEO, além de estabelecer, para cada um dos municípios produtores de oleaginosas, qual a UCEO que deverá processar sua produção.

Para responder a esta questão, foi identificado que o problema se enquadra como uma aplicação do problema das "p-medianas", com uma certa adequação, cuja aplicação é amplamente difundida nos meios técnicos. O objetivo do modelo consiste em minimizar a soma dos custos de transporte de bagas de oleaginosas dos municípios produtores para as UCEO's (incluindo o custo com a coleta dentro do município) e de transporte destas para a Usina de Biodiesel de Quixadá.

4. Modelagem Matemática

Genericamente, o problema clássico das "p-medianas" é um problema combinatório que pertence à classe de problemas NP-difícil. Consiste em particionar um conjunto N em "p" subconjuntos não vazios, atendendo a

todas as necessidades dos elementos, de forma a minimizar o custo total. No caso do problema, isto significa que o resultado apresenta a configuração de menor custo para associar as 57 Unidades Locais (abrangendo 134) municípios produtores de oleaginosas em sub-grupos, de modo que existe uma UCEO associada a cada um destes sub-grupos.

O custo total é obtido a partir do parâmetro c_{ij} , que é resultante do somatório de três parcelas:

a) O custo para consolidar internamente uma tonelada de oleaginosas do município “i”, calculado com base no raio médio da área de abrangência de cada escritório regional e no custo unitário de R\$ 0,30/t.km;

b) O custo para transportar uma tonelada de mamona da sede do município “i” para a sede do município “j”, considerando um custo unitário de R\$ 0,20/t.km;

c) O custo para transportar o óleo vegetal resultante do esmagamento de uma tonelada de oleaginosa (430 kg) do município “j” até Quixadá, considerando um custo unitário de R\$ 0,116/t.km. Na prática, significa transportar uma tonelada de óleo a um custo unitário de R\$ 0,05/t.km.

Os cálculos para obtenção dos parâmetros de custo foram realizados em planilha eletrônica para todos os pares origem/destino, resultando num total de $57 \times 57 = 3.249$ parâmetros.

O problema pode ser descrito como um modelo de programação linear binário, com a seguinte formulação genérica:

$$\text{Min} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq a_j y_j, \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = b_i, \forall i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = p, \forall j \in J \quad (4)$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i \in I \text{ e } j \in J \quad (5)$$

$$y_j \in \{0,1\}, \forall j \in J \quad (6)$$

Onde:

A variável x_{ij} representa a quantidade de oleaginosas (toneladas) enviada do município i para a UCEO j . A variável binária y_j representa a instalação ou não da UCEO j ; ou seja, se $y_j = 1$ então a UCEO j será instalada, caso contrário $y_j = 0$. Por sua vez, o parâmetro a_j representa a capacidade de processamento de oleaginosas da UCEO j , enquanto o parâmetro p representa a

quantidade de UCEO's a serem instaladas. O parâmetro b_i representa a quantidade de oleaginosas produzidas na área de abrangência do escritório regional i ;

A Equação 1 representa a função objetivo do modelo. A Equação 2 assegura que nenhum município envie oleaginosas para uma UCEO fechada e que o total de oleaginosas recebido pela UCEO não ultrapasse a sua capacidade de processamento. A Equação 3 assegura que a produção de cada município será distribuída por uma ou mais UCEO. A Equação 4 assegura a instalação de p UCEO's. A Equação 5 determina que as quantidades transportadas sejam não negativas, enquanto a Equação 6 estabelece um valor binário (0 ou 1) para cada variável y_j , de acordo com sua definição.

Desta forma, o modelo contempla 115 restrições e 3.306 variáveis, sendo 57 variáveis binárias de localização e 3.249 variáveis representando a quantidade de oleaginosa a ser transportada entre cada par origem/destino. Considerando a forma analítica do modelo, superior a 83 mil caracteres, foi desenvolvido uma rotina computacional em ambiente Java para gerar a função objetivo e as restrições do modelo.

O software utilizado na resolução do modelo matemático foi o LINDO API 5.0. Nesta versão, o número máximo de variáveis é 16 mil enquanto o limite de restrições é igual a 8 mil. Para o processamento do programa e do modelo matemático foi utilizado um computador AMD ATHLON 64 - 512 MB RAM.

5. Resultados do Modelo

5.1. Cenário 1: localização de seis UCEO's.

Neste Cenário, conforme já tratado anteriormente, será analisada a alternativa de se implantar seis UCEO's. Após gerado o arquivo contendo a modelagem, foi realizada a formatação do modelo. O resultado ótimo foi obtido com um tempo de processamento de 38,4 minutos.

O modelo indicou a instalação de uma UCEO nas áreas de abrangência dos escritórios regionais de Canindé, Limoeiro do Norte, Mombaça, Quixadá, Santa Quitéria e Várzea Alegre, de acordo com a Figura 2.

Com o resultado final, tem-se que o custo anual desta alternativa foi calculado em R\$ 868,5 mil, a distância média de transporte de baga foi de 61,4 km, enquanto a distância média de transporte do óleo foi de 128,7 km.

Também, foi possível analisar o percentual de ocupação da capacidade das UCEO's. Nesta configuração, em média, há uma ocupação de 85% da capacidade das Unidades. A UCEO apontada como a de maior ocupação foi a de Canindé, com 6.000 t de oleaginosas, atingindo 100% de sua capacidade, enquanto a UCEO de Várzea Alegre obteve a menor ocupação,

recebendo 4.542 t, correspondente a 76% da sua capacidade total.

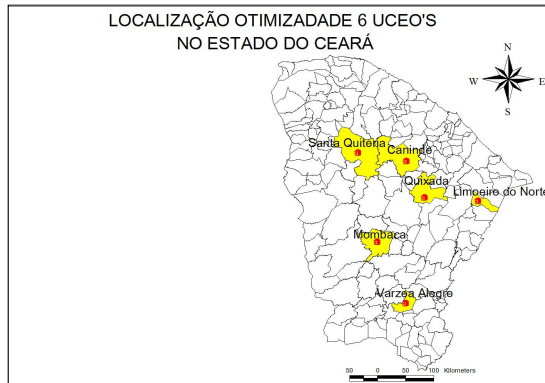


Figura 2: Localização otimizada de 6 UCEO's no Estado do Ceará.

Também foi observado a vinculação dos municípios às UCEO's estabelecendo suas áreas de abrangência (Figura 3), bem como a quantidade de oleaginosas a ser enviada.

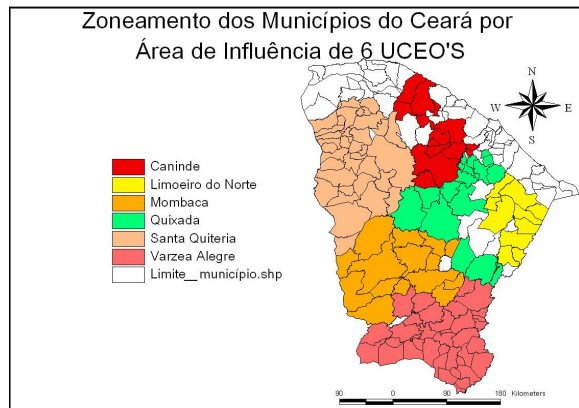


Figura 3: Área de influência das 6 UCEO's no Estado do Ceará.

Ao se comparar esta solução, resultante da modelagem matemática, com a alternativa implementada sem considerar aspectos técnicos, ou seja, localizando as seis primeiras UCEO's nos municípios de Tauá, Piquet Carneiro, Aracoiaba, Russas, Limoeiro do Norte e Sobral, verifica-se que o custo anual aumenta mais de 26%, atingindo o patamar de R\$ 1,1 milhão. Tal fato reforça a necessidade de estudos técnicos consistentes para a definição da localização de facilidades.

Também, foram analisados mais duas variantes deste cenário, confrontando a solução obtida pela modelagem com duas alternativas de solução. A primeira solução alternativa (Cenário 1A) seria a implantação de seis UCEO's nas áreas de abrangência dos municípios com maior produção estimada em todo o território cearense

(Canindé, Itapipoca, Quixadá, Quixeramobim, Santa Quitéria e Senador Pompeu). Uma outra solução potencial (Cenário 1B) seria a implantação de uma UCEO em cada uma das macrorregiões cearenses, exceto no Maciço de Baturité, estando localizada na área de abrangência dos municípios com maior produção estimada (Litoral Oeste = Itapipoca; Sobral/Ibiapaba = Sobral; Sertão dos Inhamuns = Crateús; Sertão Central = Quixadá; Litoral Leste/Jaguaribe = Limoeiro do Norte; e Cariri/Centro Sul = Mauriti).

Como já esperado, as duas alternativas propostas resultaram em custos superiores àqueles obtidos a partir da solução resultante da modelagem matemática. Na primeira situação analisada, o custo obtido foi de R\$ 986,1 mil, o que implica em um aumento de 13,5%. Na segunda situação, o custo anual passou para R\$ 1,06 milhões, ou seja, 22% maior do que o patamar ótimo. Em seguida, na Tabela 1 é mostrado um resumo comparativo das soluções obtidas na análise deste cenário.

Tabela 1: Soluções obtidas no Cenário 1.

SOLUÇÃO	CUSTO ANUAL (R\$)	AUMENTO (%)
ÓTIMA	868.500,00	-
LOCALIZAÇÃO POLÍTICA	1.100.000,00	26,7%
CENÁRIO 1A	986.100,00	13,5%
CENÁRIO 1B	1.060.000,00	22,0%

5.2. Cenário 2: localização de vinte UCEO's.

Neste Cenário é analisada a alternativa de implantar 20 UCEO's, constituindo-se na solução com menor custo de oportunidade para a PETROBRÁS. Porém, a solução resultante não pode mais ser implementada, pois as localizações das seis primeiras UCEO's já foram definidas.

O programa computacional utilizado para gerar o modelo matemático gerado para a resolução do Cenário anterior foi aproveitado, alterando-se apenas a quantidade p de UCEO's a serem instaladas. O resultado ótimo foi obtido após um tempo de processamento de apenas 6 segundos.

Com o resultado, foram indicadas 20 UCEO's a serem instaladas nas áreas de abrangência dos seguintes escritórios regionais, ilustrados na Figura 4:

- Litoral Oeste: Itapajé, Itapipoca e Pentecoste;
- Sobral/Ibiapaba: Sobral;
- Sertão dos Inhamuns: Boa Viagem, Crateús, Tamboril e Tauá;
- Sertão Central: Canindé, Quixadá, Santa Quitéria, Senador Pompeu e Solonópole;
- Maciço de Baturité: Itapiúna;
- Litoral Leste/Jaguaribe: Limoeiro do Norte e Morada Nova;

g) Cariri/Centro Sul: Araripe, Icó, Iguatu e Milagres.

O custo anual desta alternativa foi estimado em R\$ 623,9 mil, representando uma redução de 28% em relação ao cenário anterior, quando se estudava a localização de seis UCEO's. Já a distância média de transporte de bagas caiu mais de 76%, passando de 61,4 km para 14,5 km, enquanto a distância média de transporte do óleo subiu 26%, atingindo o valor de 162,42 km.

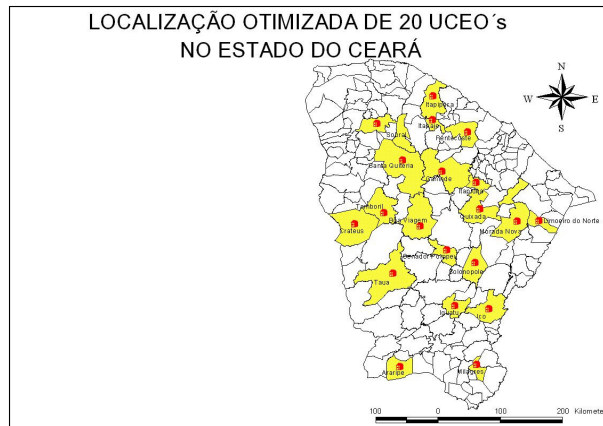


Figura 4: Localização otimizada de 20 UCEO's no Estado do Ceará.

Essas variações nas distâncias médias de transporte ocorrem porque o custo relativo do transporte de bagas é superior ao custo do transporte de óleo. Portanto, ao se disponibilizar uma maior quantidade de UCEO's, a tendência é que estas sejam localizadas mais próximas dos centros produtores de mamona do que mais próximas a Quixadá. Desta forma, à medida que se aumenta o número de UCEO's espera-se uma redução na distância média de transporte de bagas e um aumento na distância média de transporte do óleo vegetal.

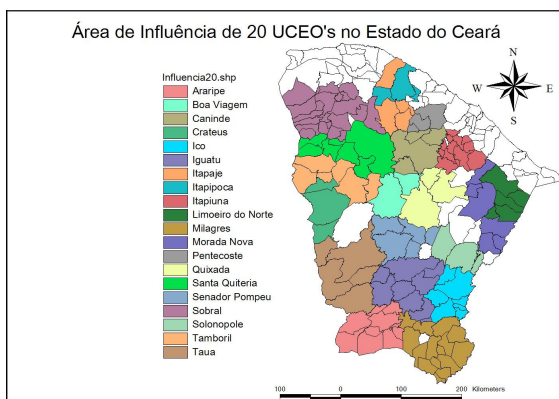


Figura 5: Área de influência das 20 UCEO's no Estado do Ceará.

A Figura 5, dada anteriormente, apresenta as áreas de abrangência das 20 UCEOS's indicadas através da modelagem matemática.

Outro aspecto importante é que, nesta configuração, todas as UCEO's ficam bem ociosas, recebendo, em média, apenas 25% de sua capacidade, que é de 6.000 t/ano de bagas. A maior ocupação de capacidade ocorre na UCEO de Canindé, com um total de 2.987 t (49,9% do total), enquanto a UCEO de Solonópole utilizará apenas 13,3 % de sua capacidade (798 t).

Por fim, como variação deste cenário, foi analisada a situação que indica a localização das 14 UCEO's previstas, considerando que necessariamente serão implantadas Unidades em Tauá, Piquet Carneiro, Aracoiaba, Sobral, Russas e Limoeiro do Norte. Nesta situação, a solução foi alterada, de modo que não mais serão implantadas as UCEO's Itapiúna e Morada Nova. Em seus lugares, foram alocadas as UCEO's de Aracoiaba e Russas. Além disto, conforme esperado, o custo anual aumentou para R\$ 631,5 mil, representando um aumento de 1,2% em relação ao resultado anterior.

Em se tratando da vinculação dos municípios às UCEO's, não se verificou alteração significativa na agregação, pois aqueles anteriormente vinculados à UCEO de Itapiúna passaram para a UCEO de Aracoiaba enquanto aqueles vinculados à UCEO de Morada Nova passaram para a UCEO de Russas.

6. Conclusões

Ao final dos testes realizados, foi possível depreender que o modelo matemático elaborado demonstrou-se consistente e confiável, frente às diversas simulações realizadas, podendo ser expandido. Os resultados obtidos apresentaram grande sensibilidade à quantidade de instalações a serem implantadas, de forma que o custo total de transporte diminui à medida que mais UCEO's são instaladas.

Também ficou evidente a eficácia do modelo, pois obteve-se, em ambos os cenários analisados, reduções no custo total de transporte. No caso do Cenário 1, a solução posta em prática, sem considerar o estudo de otimização, implicou em custos 26% superiores. Também foram analisadas outras soluções potenciais desconsiderando a modelagem matemática que resultaram em custos superiores (13,5% e 22%). Para o Cenário 2, o modelo possibilitou a definição otimizada das 14 UCEO's ainda previstas, além de permitir visualizar que a indicação de inicial da localização das 6 UCEO's, sem critérios técnicos, implica em um custo anual 1,2% superior à solução otimizada.

No entanto, vale salientar que os resultados apresentados são decorrentes de um exercício de simulação, com base na produção prevista de oleaginosas

no ano de 2008 que, como é sabido, encontra-se num patamar muito aquém daquilo que o Estado do Ceará necessita e pode produzir. Para uma confiabilidade dos resultados e maior rigor científico é fundamental que se disponha de uma projeção mais precisa acerca da expansão da produção de oleaginosas no Estado, bem como do real funcionamento das outras 6 unidades esmagadoras (Tauá, Piquet Carneiro, Ruusas, Limoeiro do Norte, Sobral e Aracoiaba). Esta informação é fundamental para o planejamento do Programa do Biodiesel do Ceará.

Finalmente, outro aspecto importante a destacar é que não se dispõe de informações de custo referentes à adequação das unidades de esmagamento de oleaginosas hoje desativadas. Tais informações poderiam ser agregadas ao modelo, para uma solução mais precisa através do Problema de localização capacitado.

Neste contexto, a Universidade Federal do Ceará tem muito a contribuir neste desafio, introduzindo procedimentos técnicos otimizados em Programas Estratégicos do Estado. Especificamente, nesta questão do desenvolvimento da produção de biodiesel no Estado do Ceará, o GLEN/UFC tem pautado sua atuação de forma proativa, com especial interesse no sucesso do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel com Inclusão Social no Semi-árido Nordeste e Mineiro, no sentido de contribuir para o desenvolvimento sustentável desta Região.

7. Referências

- [1] UFC/SEAGRI/FAO/ONU Carta de Fortaleza – Documento Elaborado ao final do Seminário de Identificação e Capacitação dos Agentes da Cadeia Produtiva da Mamona no Estado do Ceará – Apoio e Desenvolvimento de Alianças Produtivas. Fortaleza, 2003.
- [2] E.J.S. Parente, "Uma Aventura Tecnológica em um País Engraçado", Fortaleza, 2003.
- [3] L.A.N. ESPEJO, "Problema de Localização Hierárquico". Tese de Doutorado. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2001.

8. Biografias



Eduardo Rocha Praça é Engenheiro Civil (Universidade Federal do Ceará - UFC/1997), Especialista em Engenharia de Produção (UFC/2001) e Mestre em Engenharia de Transportes pela (UFC/2003). Atualmente é professor do CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DO NORDESTE, pesquisador do GRUPO

DE PESQUISA EM LOGÍSTICA DA ENERGIA e consultor da Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo de Frontin. Tem experiência na área de Engenharia de Transportes, com ênfase em LOGÍSTICA E PESQUISA OPERACIONAL, atuando principalmente nos setores de gás natural, biomassa e transporte de cargas.



José Lassance de Castro Silva possui graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal do Ceará (1989), Mestrado em Matemática Aplicada pela Universidade Federal do Ceará (1996) e Doutorado em Engenharia Eletrônica e Computação

pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2002). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal do Ceará, Consultor ad hoc do CNPQ e do MEC/INEP, Revisor de várias revistas tais como: Produção (São Paulo) (0103-6513), Science of Computing (1980-2145) e FLF.EDU (1677-0323). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Análise de Algoritmos, Complexidade de Computação, Otimização Combinatória e Processamento Distribuído, atuando principalmente nos seguintes temas: problema de otimização combinatória, algoritmos aproximativos, heurísticas, meta-heurísticas, desenvolvimento de sistemas e programação linear inteira mista.



João Bosco Furtado Arruda possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (1974), mestrado em Engenharia de Transportes pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (1980) e PhD em Planejamento dos Transportes pelo Institute for Transport Studies

(ITS/University of Leeds - 1995). Desde 1998 é Professor Titular da Universidade Federal do Ceará, liderando o Grupo de Estudo e Pesquisa em Infra-estruturas de Transporte e Logística da Energia (GLEN/UFC). Também, foi mentor e coordena o Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional (GESLOG) da UFC, desde a sua criação, em 2005. Tem experiência nas áreas de Logística e Engenharia de Transportes, com ênfase em métodos de apoio à decisão, logística de suprimento e distribuição e logística portuária.