

APOIO À DECISÃO NO PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL NO ÂMBITO DO ESTADO DO CEARÁ

Clarice Augusta Carvalho Rabelo¹, João Bosco Furtado Arruda², Ernesto Ferreira Nobre Júnior³

¹ Bolsista IC/PRH-ANP/UFC, Campus do Pici S/N, claricerabelo@aol.com

² Prof. Dr. NUPELTD/DET/UFC, Campus do Pici S/N, barruda@det.ufc.br

³ Prof. Dr. NUPELTD/DET/UFC, Campus do Pici S/N, nobre@det.ufc.br

Resumo – O papel do gás natural vem se destacando cada vez mais na matriz energética brasileira. No Ceará, o uso do gás vem apresentando forte crescimento e as expectativas são as melhores possíveis. No entanto, para que elas venham a se confirmar, é preciso garantir uma infra-estrutura de distribuição mais sólida e uma maior interação entre os atores do setor. Este trabalho faz parte de um projeto mais amplo o qual visa contribuir com tal crescimento, buscando estudar e aplicar técnicas de apoio à tomada de decisão no processo de distribuição do gás natural no Ceará. O objetivo do projeto é a escolha do segmento de mercado a ser priorizado diante de uma possível restrição na oferta em face de demandas potenciais. O presente trabalho, no entanto, faz apenas uma rápida análise do atual contexto do gás no Ceará, conceituando as técnicas multicritério de apoio à decisão, caracterizando, mais especificamente, o método de análise hierárquica (AHP). Além disso, através de uma simulação do problema e aplicação da técnica AHP, pretende-se demonstrar a aplicabilidade dessas metodologias ao problema em questão.

Palavras-Chave: Gás Natural; Técnicas Multicritério; Método de Análise Hierárquica

Abstract – The participation of natural gas has improved more and more in Brazilian energetic die. In Ceará, the use of natural gas has increased a lot and the expectations are the best. However it's necessary to guarantee a better infrastructure of distribution and interaction among the actors of the sector. This paper is part of a bigger project that intends to contribute with this improvement through an application of multicriteria techniques in the natural gas distribution process in Ceará. The aim of the project is to choose the market segment to be prioritized due to a possible context of restriction of gas offer in order of its potential demands. Nowadays paper, however, only makes a quick analysis of the actual gas situation in Ceará and a small explanation about multicriteria techniques, specifically, the analytic hierarchy process (AHP). Besides, through a simulation of the problem and an application of the analytic hierarchy process, this paper intends to demonstrate the applicability of these methods in this problem.

Keywords: Natural Gas, Multicriteria Techniques, Analytic Hierarchy Process

1. Introdução

O Brasil tem vivido uma série de transformações em seu setor energético. Uma das principais mudanças é ampliação da participação do gás natural que, desde o final da década de 90, vem abandonando uma posição secundária para se destacar como uma promissora fonte energética para o país. A previsão é de que, seguindo o forte ritmo de crescimento que vem sendo apresentado, o gás amplie sua participação na matriz energética brasileira de 2,2% em 1998 para 12% em 2010. Como fatores responsáveis por esta mudança podemos citar desde a necessidade de expansão na oferta de energia para atender à crescente demanda até questões de cunho ambiental, não esquecendo a importância do desenvolvimento de novas tecnologias que tornaram viável o crescimento do uso do gás natural.

No Ceará, o uso do gás também vem apresentando um forte crescimento. O Governo do Estado, através da Companhia de Gás do Ceará (CEGÁS), vem tendo como prioridade a busca dessa ampliação oferecendo o gás natural como uma alternativa energética realmente competitiva e também menos poluente para a região.

No entanto, para que o mercado do gás natural venha a se desenvolver como o esperado, é preciso garantir uma infra-estrutura de distribuição mais sólida e uma maior interação entre os atores do setor. Esta pesquisa visa contribuir com tal crescimento através do estudo e aplicação de técnicas multicritério de apoio à decisão no processo de distribuição do gás natural para o consumo pelos setores industrial, automotivo, residencial e de serviço no âmbito do Estado do Ceará. Seu objetivo é tratar da restrição da oferta de gás diante do crescimento da demanda potencial, utilizando as técnicas multicritério para obter uma escala de prioridades no atendimento dos diversos segmentos de mercado do gás no Ceará.

Porém, visto que a pesquisa ainda se encontra em fase de andamento, o presente trabalho procura fazer apenas uma breve análise do atual contexto do gás natural no Ceará, seguido da conceituação das técnicas multicritério de apoio à decisão. Além disso, foi realizada uma simulação do problema utilizando o método da análise hierárquica (AHP) a fim de exemplificar, de uma maneira simples, a aplicação de uma técnica multicritério ao problema em questão. Esta técnica foi escolhida devido a um prévio estudo comparativo feito entre os diversos métodos multicritério existentes, analisando-se vantagens e desvantagens de cada um deles, bem como sua aplicabilidade ao problema em questão. É válido salientar novamente que se trata apenas de uma simulação, visto que não possui a participação dos atores envolvidos no problema (distribuidoras, governo e mercado consumidor), bem como não são considerados todos os critérios realmente importantes para o processo, tornando-o apenas parcialmente condizente com a realidade. Porém, diante dos resultados obtidos com o estudo, já é possível fazer algumas considerações importantes sobre o problema, bem como sobre a aplicabilidade das técnicas estudadas.

O trabalho se enquadra no esforço de pesquisa do projeto GASLOG (RECOGAS-REDE 14 – PROJETO 02) que tem como um de seus objetivos o desenvolvimento de um *software* de gestão logística integrada da distribuição do gás natural e sua aplicação no desenvolvimento dos planos de expansão das redes primárias e secundárias nas diversas cidades que hoje fazem uso desta fonte energética nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Dessa forma, pretende-se tornar menos empírico o processo de tomada de decisão concernente à alocação de recursos para a realização dessa ampliação.

2. O Gás Natural no Estado do Ceará

O gás natural está conquistando cada vez mais espaço no Estado do Ceará. Para se ter idéia disso, apenas nos últimos seis anos o consumo praticamente triplicou, como mostra a Figura 1. Um das principais razões para esse crescimento foi a ampliação do gasoduto Nordeste, com a construção dos trechos Pilar/Cabo e Guamaré/Pecém, que proporcionou a interligação e atendimento de toda a região Nordeste desde Salvador, no Estado da Bahia, até o Distrito do Pecém, no Ceará, aumentando ainda mais a capacidade de resposta da oferta através do sistema de distribuição.

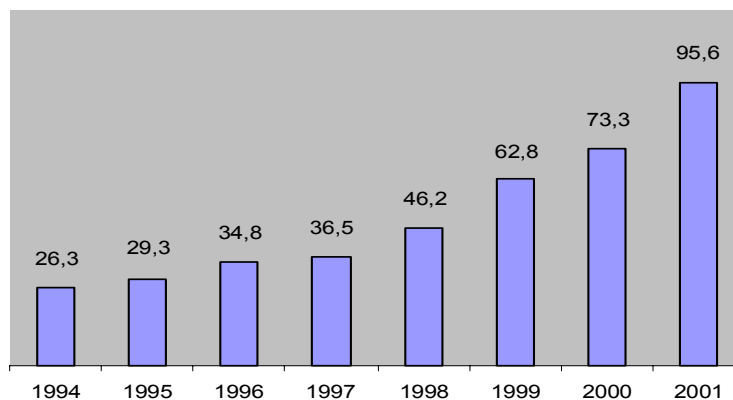


Figura 1. Volume anual de GN distribuído pela CEGÁS - milhões de m³
Fonte: Companhia de Gás do Ceará

Atualmente, a distribuição de gás natural no Ceará se faz através de uma rede de gasodutos que se estende por cerca de 120km, atendendo aos municípios de Fortaleza, Euzébio, Maracanaú, Pacatuba, Caucaia, Horizonte e Pacajus. Esta rede abastece os segmentos industrial, comercial, veicular, de cogeração e autoprodução, totalizando cerca de cem consumidores. A Figura 2 indica o consumo de gás natural distribuído por setor.

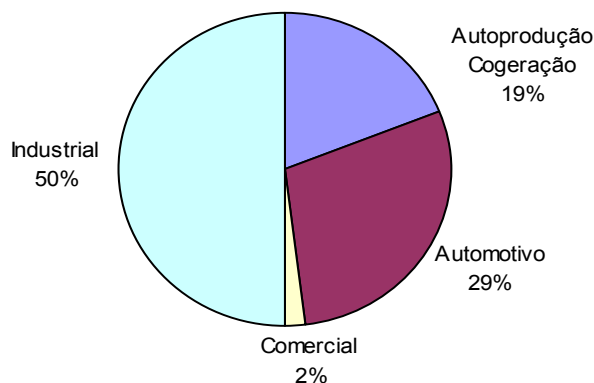


Figura 2. Consumo de gás natural por segmento de mercado no Ceará
Fonte: Companhia de Gás do Ceará

O grande consumidor de gás no Estado é o mercado industrial. Este mercado é representado por indústrias de vidro, cerâmica, papel, química, entre outras, sendo que as indústrias responsáveis pelos maiores percentuais de consumo de gás são a indústria de alimentos e a indústria têxtil.

Um mercado que tem se apresentado bastante promissor no Estado é o automotivo, que vem apresentando fortes índices de crescimento. Atualmente, são cerca de 21 postos operando que abastecem a cidade de Fortaleza, e este número tende a crescer ainda mais. Fazem parte do mercado de gás natural veicular (GNV) aqui no Ceará as bandeiras BR, Ipiranga, Esso, Texaco e três bandeiras brancas. O maior público consumidor do GNV ainda são os taxistas, porém muitos carros particulares vêm aderindo a esta opção. No total, são dez oficinas convertedoras homologadas pelo INMETRO na região metropolitana de Fortaleza responsáveis pela conversão da frota de veículos.

Contrariamente ao mercado industrial e automotivo, o segmento residencial não é desenvolvido no Estado. Porém, a CEGÁS possui um projeto piloto que fornece o gás natural, neste primeiro momento, a seis prédios e um clube, totalizando cerca de 500 usuários.

No segmento comercial, o gás também não é ainda tão difundido. Mesmo apresentando diversas vantagens quando comparado a outros energéticos (como o GLP, óleo diesel e a lenha) e seu uso se aplicar a diversas atividades (restaurantes, bares, hotéis, hospitais, *shoppings* e supermercados) o consumo no Estado ainda é pequeno. Uma das principais razões talvez seja o alto custo de conversão para o energético, além da necessidade de uma maior garantia quanto à estabilidade do seu preço, questão muito discutida nos últimos meses.

As previsões para o gás natural no Ceará são otimistas. Segundo a CEGÁS, com a concretização de grandes projetos como a Siderúrgica do Ceará, a Refinaria do Nordeste - RENOR, além construção da TERMOCEARÁ, a distribuidora terá um incremento de cerca de 20 vezes no seu volume distribuído, devendo inclusive, receber Gás Natural Liquefeito (GNL) importado, via Porto do Pecém, para atender a demanda esperada pelo energético.

O Programa Prioritário de Termelétricidade será também um grande impulsionador do uso do gás natural no Ceará. Além da termelétrica inaugurada recentemente no Estado, outros investimentos reforçam a previsão de ampliação da demanda por gás no Estado, como a construção da Central Geradora Termelétrica Fortaleza S/A (CGTF). Estima-se que a distribuição de gás, que hoje atinge picos de 450 mil metros cúbicos por dia, com média de 380 mil metros cúbicos, possa alcançar até 6 milhões de metros cúbicos por dia em um prazo de seis anos, caso se concretizem todos esses projetos.

As perspectivas para o futuro do gás no Ceará incluem, além do incremento do consumo dos atuais mercados consumidores, a inserção de novos segmentos, como o residencial. Além disso, está prevista não só a ampliação da distribuição do gás na região metropolitana de Fortaleza, mas também um processo de interiorização do gás, agregando municípios como Aquiraz, Aracati (já em fase de projeto de engenharia), Caucaia, São Gonçalo do Amarante, Sobral e Limoeiro do Norte/Iguatu ao mercado consumidor desse energético no Estado.

3. Métodos Multicritério de Apoio à Decisão

Surgidos durante a década de setenta, os métodos multicritério passaram a tratar dos problemas de decisão levando-se em consideração um conjunto de critérios, e não mais buscando apenas a otimização de apenas um deles, como no caso das técnicas monocritério. Essas técnicas procuram recomendar ações ou cursos de ação para solução de um problema, incorporando todos os fatores considerados importantes para o processo decisório. Além disso, são

consideradas as divergências que possam ocorrer entre os diversos agentes envolvidos, buscando incorporar os julgamentos de valores de todos eles.

Segundo Gomes *et. al* (2002) os métodos multicritério de apoio à decisão permitem uma abordagem mais abrangente e realista dos problemas complexos de decisão, à medida que tornam possível a modelagem de uma diversidade maior de fatores que se encontram envolvidos no processo decisório, tanto quantitativos quanto qualitativos.

São diversas as técnicas multicritério de apoio à decisão existentes. Entre as mais utilizadas podemos citar a Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT), o método de Análise Hierárquica – AHP (Saaty, anos 70), os métodos da família Electre (Roy e Bouyssou, 1993), o MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), além de outras, não menos importantes, como o *Swing Weighting* e a Técnica de Preferência Declarada.

A escolha do método a ser utilizado já pode ser tratada como uma escolha multicritério, uma vez que deve envolver os valores e preferências dos decisores, as próprias características das técnicas, como sua complexidade, credibilidade, além de outros fatores.

3.1. Escolha da técnica multicritério a ser aplicada na simulação do problema

Algumas das mais importantes técnicas foram estudadas para aplicação ao problema em questão. Caracterizados os métodos, foram analisadas vantagens e desvantagens de cada um, além de sua aplicabilidade ao problema em questão. Foram estudados a Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT), AHP, MACBETH e Electre.

O MAUT é uma técnica que se baseia na teoria da utilidade, que, segundo Autran et al. (2002), permite avaliar as conseqüências por meio de elicitação de preferências que busca incorporar ao problema as escolhas do decisor e seu comportamento em relação ao risco. Este método visa determinar as preferências do decisor na forma de funções de utilidade. A função de utilidade pode ser determinada de diversas formas, o que depende das propriedades dos critérios analisados e das preferências dos decisores. A principal crítica a este método encontra-se em sua excessiva subjetividade.

O método MACBETH (Bana e Costa e Vansnick, 1995) baseia-se no julgamento comparativos dos decisores entre os diversos critérios e ações. Neste método é utilizado um *software* especializado que fornece os pesos dos critérios de acordo com os julgamentos feitos. No entanto, algumas vezes o *software* não consegue gerar resultados compatíveis com as comparações realizadas e sugere variações de julgamentos que permitam a aproximação de um resultado, sendo isto uma desvantagem na aplicação deste método. Outra desvantagem é a possibilidade de se tornar um método cansativo caso haja necessidade de um grande número de comparações. A principal vantagem desta técnica é maneira como os decisores expressam suas preferências, de forma qualitativa.

Os métodos da família Electre utilizam a modelagem de preferências baseada nas relações de sobreclassificação entre pares de ações. São definidos previamente os conjuntos de alternativas e critérios, estes já com seus pesos relativos atribuídos pelo decisor e são estabelecidas relações de dominância. Com isso, são calculados índices de concordância e discordância que refletem as vantagens e desvantagens das alternativas. Uma das críticas a este método é arbitrariedade com que são estabelecidos os limites de preferência e indiferença necessários para avaliar as performances das alternativas.

AHP é hoje uma das técnicas mais utilizadas em todo o mundo no apoio à decisão e na resolução de conflitos negociados. O problema é decomposto hierarquicamente, o que torna sua compreensão, estruturação e avaliação mais fáceis. Uma das grandes vantagens deste método é a maneira como os decisores expressam suas preferências. A expressão em formato qualitativo proporciona uma interação bem mais natural e também mais fácil para os atores que estão envolvidos no processo. Isto se torna um importante fator quando estamos lidando com várias pessoas, de interesses e conhecimentos diversos, como é o caso do gás natural.

Este método, no entanto, tem sido criticado no meio acadêmico devido à sua forma de determinação dos pesos dos critérios, chegando a apresentar ainda, outras desvantagens, como a possibilidade do processo se tornar muito cansativo, caso envolva um grande número de critérios.

3.2. Método de Análise Hierárquica (AHP)

Neste método, desenvolvido por Saaty na década de 70, o problema é decomposto hierarquicamente, o que torna sua compreensão, estruturação e avaliação mais fáceis. A análise é composta basicamente em três etapas: decomposição, julgamentos comparativos e síntese de prioridades.

O AHP utiliza comparações por pares entre os critérios, bem como entre alternativas, objetivando determinar uma escala de prioridades ao final do processo. Os julgamentos comparativos são feitos utilizando uma escala que representa a diferença de importância entre os critérios ou alternativas, a qual possui nove categorias. Em alguns casos, são consideradas variações nesta escala. A Tabela 1 mostra a escala fundamental utilizada para as comparações. É importante atentar para a consistência dos julgamentos feitos, ou seja, verificar se eles realmente estão coerentes, pois, caso haja uma inconsistência muito grande, o resultado final pode ficar comprometido.

Tabela 1. Escala fundamental

Intensidade	Definição
1	Igualdade de importância
3	Importância moderada de um em relação ao outro

5	Importância essencial ou grande de um em relação a outro
7	Importância muito grande de um em relação ao outro
9	Importância absoluta
2, 4, 6, 8	Valores intermediários
1.1 – 1.9	Escalas para comparação de elementos próximos
1/x	Recíprocos para comparações inversas

Com a matriz de julgamentos definida, é possível então determinar os pesos calculando o maior autovalor e o autovetor associado e, assim, definindo o vetor de prioridades. Na aplicação deste método, existem *softwares* especializados que podem ser utilizados para determinar a escala de prioridades das alternativas, apresentando-se como ótimas ferramentas nos processos em que o AHP é o método escolhido.

4. Aplicação do Método de Análise Hierárquica

O ritmo de crescimento que vem apresentando o mercado do gás natural e a intenção do governo e empresas de fazer com que ele cresça cada vez mais requerem um planejamento adequado para expansão desse mercado. Diante da possibilidade de um grande crescimento da demanda, é necessário considerar, no planejamento de expansão desse mercado, a possibilidade de insuficiência da oferta do gás para atender toda a demanda potencial em um dado momento.

Nesse contexto, insere-se esta aplicação da técnica de análise hierárquica, que trata da escolha do segmento de mercado de gás natural a ser priorizado em face dessa possível restrição. No entanto, esta aplicação ocorre de uma maneira simplificada, visando apenas demonstrar a aplicabilidade deste método ao problema em questão, para uma posterior análise mais profunda e participação de todos os atores envolvidos no assunto (distribuidoras, consumidores potenciais e governo).

4.1. Estruturação do problema

Como problema a ser considerado no processo de tomada de decisão temos a “escolha de segmento de mercado a ser priorizado em face de restrição na capacidade de oferta do gás natural”.

Algumas variáveis-chaves foram pré-definidas com base em possíveis questões a serem levantadas pelos agentes do setor. São elas:

1. Posição do cliente na rede;
2. Volume de atendimento;
3. Tarifa;
4. Tipo de alimentação do gás natural (primária ou secundária);

É importante salientar que estas são apenas algumas das variáveis importantes a serem consideradas no processo de tomada de decisão. E, como este trabalho consiste apenas de uma simulação simplificada do problema, não houve a preocupação de se considerar todos os fatores, como o custo de conversão energética, as possíveis impedâncias existentes em itinerários alternativos ou, ainda, a própria intenção do governo em ampliar a participação do gás na matriz energética. Assim, para efeito de aplicação da técnica, foram consideradas apenas as quatro variáveis citadas. Como possíveis alternativas foram considerados os quatro segmentos de mercado do gás natural: industrial (Ind), automotivo (Aut), comercial (Com) e residencial (Res), apesar deste último, como citado anteriormente, não apresentar grande importância no atual contexto do gás no Ceará.

4.2. Simulação utilizando o método AHP

Definido o objetivo (problema), os critérios e as alternativas, a etapa seguinte é a aplicação do método AHP. Com isso, espera-se obter uma ordenação das alternativas, ou seja, uma escala de prioridades entre os segmentos de mercado do gás natural a serem atendidos.

Primeiramente, preencheu-se a primeira matriz de julgamentos realizando-se comparações paritárias entre as performances ou importâncias relativas dos quatro critérios em relação ao objetivo do processo de tomada de decisão, ou seja, a escolha de segmento de mercado a ser priorizado. Assim, a matriz reflete a diferença de importância entre cada um dos critérios em relação ao objetivo principal. Com os valores definidos, foram determinados os pesos relativos de cada um dos critérios, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de prioridades entre os critérios em relação ao objetivo

	Posição do cliente na rede	Volume de atendimento	Tarifa	Tipo de alimentação	Pesos relativos
Posição do cliente na rede	1	1/2	1/2	2	0.185
Volume de atendimento	2	1	2	3	0.415
Tarifa	2	1/2	1	3	0.293
Tipo de alimentação	1/2	1/3	1/3	1	0.107

O procedimento ilustrado foi aplicado também a todas as alternativas. Assim, para cada critério, foram preenchidas matrizes de julgamentos com as comparações paritárias entre as alternativas. Ou seja, foram representadas as diferenças de importância de todas as alternativas em relação a cada um dos critérios.

Com os valores das matrizes preenchidos, é possível, então, calcular os pesos associados a cada alternativa e critério. Neste trabalho, foi utilizado um *software* especializado para efetuar este cálculo. Assim, alimentando o *software* com os dados obtidos dos julgamentos, geram-se os pesos de cada alternativa e critério determinando as performances globais das alternativas. A Tabela 3 ilustra os resultados obtidos.

Tabela 3. Peso dos critérios calculados através do método AHP

	Posição do cliente na rede (0.185)	Volume de atendimento (0.415)	Tarifa (0.293)	Tipo de alimentação (0.107)	Performance global
Industrial	0.594	0.556	0.543	0.250	0.552
Automotivo	0.234	0.281	0.276	0.250	0.258
Comercial	0.105	0.109	0.116	0.250	0.117
Residencial	0.067	0.054	0.066	0.250	0.073

5. Conclusão

O uso do gás natural vem apresentando bons índices de crescimento no Ceará, principalmente, em alguns setores, como o automotivo. Outros projetos prevêem um aumento ainda maior do uso desse energético, como a implantação das termelétricas que estão previstas para o Estado. E, com a concretização desses projetos, a demanda por gás no Ceará terá um crescimento significativo.

Assim, diante do forte crescimento do uso deste energético, a fim de fazer um planejamento adequado para expansão do mercado de gás previsto para o Estado, deve-se considerar um provável cenário de restrição na capacidade de oferta do gás para atender a toda demanda em um dado momento.

Nesse contexto, o uso das técnicas multicritério de apoio à decisão enquadram-se no esforço de auxiliar nos planos de expansão das redes de distribuição a fim de torná-lo um processo mais racional e fundamentado. Devido à complexidade do problema, envolvendo múltiplos aspectos e interesses de diversas partes (governo, distribuidoras e mercado consumidor), os métodos multicritério apresentam-se como excelentes ferramentas de auxílio ao processo decisório, uma vez que permite uma abordagem mais completa, ou seja, mais condizente com a realidade.

A escolha da técnica a ser utilizada, porém, é um processo cuidadoso que deve levar em consideração não só as vantagens e desvantagens apresentadas de cada metodologia, mas também sua aplicabilidade ao problema em questão, bem como as preferências dos decisores que estão envolvidos no processo.

Assim, através do estudo comparativo realizado, o método AHP apresentou-se de maneira satisfatória para aplicação na simulação do problema. E, através da simulação feita utilizando esta técnica, foi possível verificar sua aplicabilidade dentro do problema abordado.

É válido reforçar, novamente, que se tratou apenas de uma simulação, não sendo válidos os resultados obtidos na aplicação do AHP à realidade do problema em questão, mesmo que estes estejam, de alguma forma, coerentes com a atual realidade do gás no Ceará, onde o setor industrial é o grande consumidor.

6. Referências Bibliográficas

- BANA e COSTA, C. A., SILVA, F. N. *Concepção de uma “boa” alternativa de ligação ferroviária ao Porto de Lisboa: uma aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão e à negociação*. Instituto Superior Técnico, Depto. Engenharia Civil/CESUR.
- CEGÁS – Companhia de Gás do Ceará. Site: www.cegás.com.br
- ENSSLIN, L., MONTIBELLER, G., NORONHA, S. M. Apoio à Decisão – Metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, 2001.
- FITTIPALDI, E. H. D., SAMPAIO, L. M. B., ALMEIDA, A. T. *Comercialização de energia elétrica em um mercado competitivo: um problema de decisão multicritério*. Companhia Hidrelétrica de Pernambuco – CHESF/UFPE.
- GOMES, L. F. A., GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. São Paulo : Atlas, 2002.
- _____. Indústria Brasileira de gás natural: regulação anual e desafios futuros. Agência Nacional do Petróleo; José Cesário Cecchi, coord. Rio de Janeiro: ANP, 2001 Butterworth Publishers, 1990.
- PEREIRA, A. L., CRUZ, M. M. C. *Avaliação de prioridades em terminal de contêineres utilizando o Método de Avaliação Hierárquica e Análise Modular de Sistemas*. PET/COPPE/UFRJ.
- RABBANI, S. J. R., RABBANI, S. R. Decision in transportation with analytic hierarchy process. Campina Grande: UFPB/CCT, 1996.
- SEINFRA – Secretaria de Infra-estrutura do Estado do Ceará. Site: www.seinfra.ce.gov.br