



IBP1641_06

**TRANSPORTE DUTOVIÁRIO DE GÁS NATURAL –
OPERAÇÃO CENTRALIZADA X DESCENTRALIZADA**
Patrícia Mannarino Silva¹, Lucio Guido Tapia Carpio²

Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*.

Resumo

Diante das transformações pelas quais vem passando a indústria de gás natural no Brasil, observa-se uma série de discussões acerca da regulamentação do setor. O poder de mercado decorrente da congestão da capacidade de transporte é um aspecto importante a ser considerado, e requer o acompanhamento do agente regulador, que deve avaliar a real necessidade de expansão da rede de transporte. O modelo de operação da rede, centralizado ou descentralizado, pode ter impacto sobre este tipo de poder de mercado. Este trabalho pretende discutir as características destes dois modelos e propor parâmetros críticos e variáveis de decisão que permitam compará-los, aplicando ferramentas de análise quantitativa (ex. Programação Linear e Teoria dos Jogos) e apresentando aspectos relevantes para uma política de expansão da rede.

Abstract

As the Brazilian natural gas industry is under development, a series of discussions about the regulation of the sector can be observed. The market power that results from capacity congestion is an important issue to be considered, and requires the close watching of the regulator, who should evaluate the actual need for capacity expansion of the transportation network. The network operation model, centralized or decentralized, could impact this kind of market power. This work intends to discuss the characteristics of both models, to propose critical parameters and decision variables to allow the comparison between them through quantitative analysis tools (e.g. Linear Programming and Game Theory) and to present some relevant aspects of a network capacity expansion policy.

1. Introdução

A indústria de gás natural nacional tem uma história recente e vem sendo foco de uma série de discussões a fim de sugerir alternativas para estimular seu desenvolvimento. Neste setor, o transporte dutoviário tem características de monopólio natural e, assim, está sujeito ao acompanhamento atento do agente regulador. Um aspecto relativo ao transporte de gás natural que merece atenção está relacionado à capacidade de transporte disponível. A história da indústria do gás natural, assim como de outras indústrias de rede (como a da transmissão de energia elétrica), traz inúmeros exemplos do uso indevido desta capacidade a fim de exercer poder de mercado. Em geral, uma congestão “virtual” da capacidade de transporte leva a uma sinalização inadequada da necessidade de expansão da rede, e ainda reflete nos preços ao consumidor.

O comportamento estratégico dos carregadores desequilibrou as operações do sistema nacional de transporte de gás no Reino Unido, em 1998, levando a uma instabilidade no mercado. Os eventos ocorridos revelaram a interação estratégica dos agentes envolvidos no sistema de transporte e levaram a uma revisão dos mecanismos de comercialização de gás definidos pela regulamentação (PAGLIERO, 2003).

¹Mestre, Especialista em Regulação – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

²Doutor, Professor Adjunto do Programa de Planejamento Energético – COPPE/UFRJ

No Brasil, em 2001, ocorreu um conflito de acesso ao Gasoduto Bolívia-Brasil envolvendo a British Gas do Brasil Ltda (BG), a Petrobras S/A e a Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S/A (TBG). Neste conflito, ocorreram exemplos de comportamento estratégico não previstos pela regulamentação, envolvendo o acesso à capacidade de transporte do gasoduto. A Agência Nacional do Petróleo (ANP) avaliou o problema e sugeriu algumas soluções que pode ser conhecidas em detalhe através da Nota Técnica ANP 01/02-SCG (ANP, 2002).

A regulamentação do setor de gás natural proposta pela Emenda Substitutiva 25 do Projeto de Lei 226, que tramita no Senado Nacional, sugere a criação de um operador independente do sistema de transporte dutoviário. Do ponto de vista do planejamento, é interessante discutir se a centralização da operação favorece ou não o desenvolvimento do mercado e se diminui a possibilidade de exercício de poder de mercado por parte dos agentes. Este artigo pretende apresentar as características da operação centralizada e descentralizada de um mercado de gás natural e sugerir aspectos de uma análise quantitativa para o poder de mercado decorrente da congestão de capacidade.

2. Operação Centralizada e Descentralizada do Mercado

De acordo com JURIS (1998), a desregulação da indústria de gás natural européia levou à separação entre a negociação do gás natural e dos serviços de transporte, o que aumentou a complexidade dos mercados e impôs requisitos substanciais aos participantes para que os mesmos completem todas as suas transações a um custo mínimo. Enquanto uma companhia verticalmente integrada otimiza todas as suas transações internamente, os participantes de uma indústria desregulada têm que coordenar suas operações num mercado aberto, onde o processo de minimização do custo total perpassa inúmeras transações descentralizadas. Os mecanismos de comercialização que guiam as transações nos mercados de gás natural e de transporte facilitam as interações entre os participantes, com o objetivo de alcançar a liquidação simultânea dos mercados de gás e de transporte a um custo mínimo para a indústria. Exceto se tais transações forem guiadas por um modelo de comercialização, podem resultar numa alocação sub-ótima dos recursos. Segundo CORRELJÉ (2004), num mercado em expansão, uma questão desafiadora ao longo do tempo está em maximizar o uso de capacidade do sistema, bem como suas receitas, para cobrir os custos fixos, alcançando um nível aceitável de lucro.

Num modelo descentralizado, as transações são bilaterais e se fundamentam na competitividade dos mercados de gás e de transporte a fim de levar a preços eficientes e minimizar o custo total do gás para os usuários finais. Podem-se destacar as seguintes características (JURIS, 1998):

- A necessidade de diminuição dos custos de transação costuma levar ao aparecimento dos *traders* que completam as transações em nome dos participantes do mercado;
- Mercados *spot* se desenvolvem à medida que os participantes precisam de uma precificação eficiente do produto a todo o momento;
- Um mercado competitivo de capacidade secundária e a disponibilidade de muitos contratos diferentes de transporte firme e interruptível permitem aos carregadores formar um *portfolio* de contratos de transporte que os dá uma confiabilidade aceitável mínima de transporte a um custo mínimo;
- As transações no modelo descentralizado são relativamente simples. Como são bilaterais, são fáceis de completar e entender mesmo em mercados complexos;
- Os usuários finais podem escolher seu fornecedor, levando a uma competição entre os mesmos.

Já no modelo centralizado, um único ente (coordenador/operador) garante que todas as transações nos mercados de gás natural e de transporte sejam completadas a um custo mínimo para a sociedade. Neste caso, considera-se que as transações bilaterais descentralizadas nem sempre levam a um resultado socialmente ótimo na indústria de gás devido às características técnicas dos sistemas dutoviários de gás. Destacam-se as seguintes características (JURIS, 1998):

- As transações no mercado de gás natural são facilitadas pelo coordenador/operador, uma entidade à qual o regulador atribui a responsabilidade de liquidar o mercado;
- Os participantes do mercado informam ao coordenador/operador a quantidade de gás que desejam adquirir ou vender e a que preços desejam completar suas transações;
- O coordenador/operador agrega estas informações à demanda e ao suprimento do sistema e calcula o preço do sistema que liquida o mercado;
- O preço do sistema reflete o valor de mercado do gás natural, pois a competição entre fornecedores e compradores de gás garante que os preços do sistema reflitam os custos marginais de curto prazo do gás;
- Este procedimento é repetido a pequenos intervalos de tempo para gerar uma precificação contínua do gás;
- As transações no modelo centralizado sobrecarregam o operador com necessidades de informação sobre disponibilidade, preços e custos do gás natural e do transporte.

É necessário ainda que haja a coordenação/operação do serviço de transporte onde (GTE, 2004) o transporte é vendido como um serviço de retirada ou entrega do gás natural em uma determinada localidade, pelo sistema dutoviário. Os carregadores compram capacidade de entrada e saída em pontos de injeção e retirada de uma companhia de transporte ou de outros carregadores. A transportadora revisa as nominações de todos os carregadores e determina a programação de vazões que minimiza o custo total de transporte. Se houver capacidade remanescente após a contabilização da nominação de carregadores firmes, a transportadora oferece serviço interruptível a outros carregadores. Os fluxos de gás dentro do sistema dutoviário nem sempre seguem as “rotas contratuais” porque a transportadora sempre pode encontrar um outro caminho ótimo para os mesmos. Os preços dos serviços de transporte se baseiam no valor de mercado da capacidade e do processamento nos pontos de entrada e saída e, assim, refletem os custos marginais de capacidade e processamento no curto prazo.

Ainda segundo JURIS (1998), identificar o modelo mais adequado para um país depende das características de sua indústria. Aqueles que têm mercados relativamente desenvolvidos podem confiar nas ações descentralizadas das forças de mercado para desenvolver um mercado *spot* competitivo e com boa liquidez. Países com mercados menores podem considerar necessário acelerar o desenvolvimento de um mercado *spot* estabelecendo a figura do operador do *pool* que facilitaria a liquidação dos mercados de gás e de transporte.

A escolha do mecanismo de operação do mercado também pode ser afetada pela configuração da rede dutoviária, sendo que uma estrutura em tronco seria ideal para o modelo descentralizado, pois as externalidades da rede são pequenas. Uma estrutura complexa, ao contrário, apresenta externalidades relacionadas às operações de transporte, onde a operação de um duto afeta os demais a ele interligados. Como as transações bilaterais dificilmente levariam em conta esta interdependência, os participantes do mercado poderiam requerer serviços de transporte que não minimizariam os custos totais de transporte. Neste caso, o modelo centralizado seria mais apropriado, pois permitiria que o operador do duto determinasse a programação ótima de fluxos de gás independentemente das “rotas” contratuais.

O candidato primário ao papel de coordenador/operador é o próprio transportador, que tem as melhores informações sobre o sistema dutoviário – informações difíceis de se obter num mercado descentralizado. Um candidato alternativo seria uma entidade independente, de propriedade conjunta de todos os participantes da indústria de gás. Neste caso, o operador do *pool* deve estabelecer regras de confidencialidade para todos os participantes (JURIS, 1998). Caso este coordenador/operador não seja independente, isso iria de encontro a todo o movimento de desverticalização ocorrido nas décadas de 80 e 90, com o objetivo de aumentar a competitividade na indústria de gás natural.

A aplicação destes dois modelos na indústria de gás não tem sido uniforme. Quase todos os países têm optado pelo modelo descentralizado, pois é mais simples de implementar que o modelo centralizado. Um exemplo típico ocorre na indústria dos Estados Unidos, onde os mercados *spot* de gás natural se desenvolveram como resultado da desregulação ocorrida na década de 90.

Como exemplo de operação centralizada podemos citar a Holanda, com uma rede de transporte de 11.600km de extensão, de propriedade da Gasunie, onde um único transportador, a Gas Transport Services B.V. (GTS), é responsável pelo gerenciamento independente da operação de toda a rede de transporte de gás natural, de acordo com as diretrizes da União Européia, segundo as quais com um transporte independente todos os fornecedores terão as mesmas oportunidades no mercado de gás natural, e a competição assim funcionará melhor (GASUNIE, 2006). As tarifas da GTS são reguladas por lei e fixadas pelo NMa/DTe (*Dutch Competition Authority*, uma divisão do órgão regulador *Office for Energy Regulation*)(GTS, 2006). Suas atribuições envolvem o gerenciamento e o desenvolvimento de sistemas de transporte, garantindo capacidade de transporte suficiente, o equilíbrio da rede e as conexões com outras redes de transporte, a partir de um Centro de Controle, ou Centro de Despacho. O planejamento é uma de suas atividades vitais, permitindo que a GTS se antecipe ao desenvolvimento do mercado a fim de oferecer novos serviços e investir na ampliação da rede de dutos, da capacidade de compressão e da capacidade de armazenagem (GTS, 2005).

Outro exemplo de operação centralizada está no Reino Unido, onde a *National Grid* (antiga Transco) é proprietária e opera o *National Transmission System*, com mais de 6600 km de extensão (NATIONAL GRID, 2006). Segundo PAGLIERO (2003), em 1998, os componentes fundamentais do mecanismo de negociação de gás natural eram o *Nomination System* e o *Flexibility Mechanism*. No caso de haver uma grande diferença entre as nominações e a capacidade disponível, a Transco (atualmente National Grid) deveria atuar a fim de manter a estabilidade do sistema. Os principais instrumentos de que dispunha a fim de equilibrar o sistema eram as operações no *Flexibility Mechanism*, um sistema de painel em que os carregadores fariam lances para comprar ou ofereceriam gás natural à Transco. As perdas sofridas pela Transco nas operações de balanceamento eram tarifadas de volta aos carregadores, via “encargos de neutralidade”, proporcionalmente à quantidade de gás natural por eles transacionada. Este mecanismo mostrou algumas fragilidades e, em 1o de outubro de 1999, o agente regulador introduziu o “*New Gas Trading Arrangements*”, onde leilões de capacidade de entrada e mercados de capacidade foram criados e substituíram o *Flexibility Mechanism* (OFGEM, 1999).

3. Considerações sobre a modelagem

Para analisar os mercados de gás natural, é possível construir modelos matemáticos apropriados. Em geral, tais modelos visam otimizar as operações de uma empresa em particular (DE WOLF e SMEERS, 2000; RÍOS-MERCADO et al., 2006) ou calcular o equilíbrio de mercado (PAGLIERO, 2003; EGGING E GABRIEL, *in press*). Segundo GABRIEL et al. (2005), considerações sobre as relações não-lineares entre vazão e pressão são apropriadas para modelos relacionados às operações de transporte. Entretanto, essas considerações seriam menos comuns e até menos apropriadas para modelos focados no mercado, que visam responder a questões regulatórias como, por exemplo, a magnitude do poder de mercado de alguns agentes e os efeitos da capacidade de transporte sobre os preços.

RAINERI e KUFLIK (2003) sugerem que as capacidades de transporte sejam tratadas como bens duráveis e propõem que direitos de acesso comercializáveis devam criar condições de acesso competitivo à rede, a fim de minimizar o poder de mercado dos proprietários da rede de transporte, devido à condição de monopólio natural dos gasodutos de transporte. Os autores usaram como exemplo o caso do recém-desenvolvido mercado chileno, onde consideram que o arcabouço regulatório para a indústria de gás natural promoveu a competição nas fases de desenvolvimento dos projetos (*ex-ante*), obrigando o concessionário¹ do transporte a permitir o acesso e o uso indiscriminados à capacidade de transporte disponível, mas, entretanto, não garantiu a competição *ex-post*. Por exemplo, se a operação dutoviária ocorre em áreas onde não há suprimentos alternativos de energia.

Diversos autores estudaram também o problema do poder de mercado gerado pelas restrições de capacidade no caso de linhas de transmissão de eletricidade. Como algumas analogias que podem ser traçadas entre a transmissão de eletricidade e o transporte de gás, seus estudos podem enriquecer a análise do problema. YOUNES e ILIC (1999) estudaram o tipo de competição oligopolística entre geradores que pode surgir em sub-mercados economicamente isolados por restrições de capacidade de transporte. A redução no número de agentes interagindo levaria a preços maiores e, algumas vezes, a conluios tácitos. Se os geradores notarem que podem obter lucros congestionando estrategicamente uma linha de transmissão, com capacidade razoável para permitir uma operação normal da rede, a mesma pode se tornar fonte de ineficiências acarretando maiores preços ao mercado. Eventualmente, caso os reguladores falhem em identificar este tipo de comportamento, pode haver a sinalização da necessidade de uma expansão excessiva da rede, acarretando problemas econômicos e ambientais. CARDELL et al (1997), JOSKOW e TIROLE (2000) e BUSHNELL (1999) estudaram problemas similares de poder de mercado decorrente da restrição de capacidade de transporte.

De acordo com GABRIEL et al. (2005), diversas modificações regulatórias ocorridas no EUA, como a *Order 636* da U.S. Federal Energy Regulatory Commission (FERC, 1992) estipularam o livre acesso aos gasodutos interestaduais e às facilidades de armazenagem. Embora tais modificações tivessem por objetivo promover a competitividade do mercado, os resultados não foram totalmente favoráveis, tendo ocorrido, por exemplo, picos de preço de \$20/milhão de BTU. Com base nas modelagens propostas por GABRIEL et al. (2005), CREMER e LAFFONT (2002), EGGING e GABRIEL (*in press*), seguem considerações sobre um modelo que pretenda descrever o comportamento dos agentes no mercado de gás natural, onde haja poder de mercado por congestão de capacidade por parte dos comercializadores/carregadores.

Primeiramente, é preciso definir que agentes de mercado serão levados em consideração. Nos países da Europa e Norte-Americanos é difundida a utilização da armazenagem. No Brasil, a atividade de armazenagem não é regulamentada, embora isso esteja em discussão nos projetos de lei para o setor. A armazenagem pode ser exercida pelo próprio transportador, ou por um agente independente. Caso seja considerado na modelagem, ora este agente atuaria como consumidor e ora como fornecedor, em função das condições do mercado.

Em países de clima frio, a ciclicidade do consumo é um fator de grande relevância. Como nesses países o mercado residencial e comercial é bem desenvolvido, as temperaturas afetam significativamente o perfil de consumo ao longo do ano. No Brasil, os consumidores industriais e os geradores de energia (termelétrica) têm maior peso sobre o consumo total. No caso da indústria não se observa esta ciclicidade, mas com relação à geração termelétrica, em função do perfil fortemente hidrelétrico do parque de geração de energia, pode vir a ocorrer tal ciclicidade devido ao regime hídrico.

Na literatura citada, em geral, toma-se como premissa que os produtores e os armazenadores são perfeitamente competitivos. Os transportadores, por sua vez, têm tarifa de transporte regulada. Exceto pelo fato de não haver uma separação clara entre as atividades de comercialização e transporte, o transportador não pode exercer poder de mercado. Já os comercializadores (ou carregadores) podem agir estrategicamente, podendo ser modelados como jogadores do tipo Nash-Cournot, manipulando as funções de demanda inversa de seus consumidores.

Num modelo de equilíbrio de mercado, em geral, deseja-se calcular os preços de equilíbrio do mercado e os fluxos nos arcos (interconexões entre pontos de oferta e demanda do gás natural). Para o transportador, o objetivo é maximizar sua receita, que é função do fluxo na rede e da tarifa de transporte (regulada), respeitando as restrições de fluxo nos arcos (dutos) de menor capacidade e atendendo à demanda. Cada produtor visa maximizar seu lucro líquido,

¹ No Brasil, a transportadora de gás natural opera mediante autorização da agência reguladora, e não sob o regime de concessão.

função do preço do gás natural, de sua produtividade e de seus custos operacionais, estando obrigado a atender à demanda e restrito por sua capacidade produtiva máxima. Cada comercializador também busca maximizar seu lucro, que é função das receitas de venda do gás natural, das despesas de transporte e das despesas com o produto.

O tipo de consumo final pode ser desconsiderado caso se opte por limitar o estudo às redes de transporte, ou seja, não incluindo as redes de distribuição. A inclusão das redes de distribuição pode aumentar a complexidade do problema não só do ponto de vista operacional. Em se tratando de um estudo com enfoque regulatório ou de planejamento setorial, cabe observar as fronteiras de atuação do agente regulador/planejador. No Brasil, por exemplo, as redes de transporte de gás natural são reguladas pela ANP, enquanto as de distribuição são competência das agências estaduais. Além disso, o livre acesso é regulamentado para os gasodutos de transporte, mas não para os de distribuição.

4. Conclusões

Este trabalho buscou apresentar os aspectos mais relevantes relacionados à operação de uma rede de gasodutos, com enfoque no mercado. Foram apresentadas as características da operação centralizada e descentralizada, com alguns exemplos de sua aplicação. Também foi apresentada uma pequena revisão bibliográfica sobre modelos aplicáveis a indústrias de rede, como a do gás natural, com destaque para o exercício de poder de mercado relacionado à congestão de capacidade.

Por se tratar de um monopólio natural, a atividade de transporte de gás natural requer atenção especial do agente regulador. O uso ótimo da capacidade de transporte existente, bem como a identificação da real necessidade de expansão dessa capacidade, podem reduzir o poder de mercado do comercializador em relação aos demais agentes da cadeia.

A fim de auxiliar a discussão e a tomada de decisão, acredita-se que esta análise deve envolver técnicas quantitativas. Assim, será possível sugerir instrumentos para previsão de expansão da rede, visando evitar a falsa congestão de dutos de transporte. Por exemplo, através da criação de regras de mercado que levem a preços que reflitam custos marginais de expansão.

5. Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP, “Livro acesso ao gasoduto Bolívia-Brasil: contrato de transporte firme de curto prazo assinado entre TBG e BG”, Nota Técnica no.01, SCG, 2002 (disponível em http://www.anp.gov.br/doc/gas/nota_01_02_SCG.pdf).
- BUSHNELL, J., “Transmission Rights and Market Power”, *The Electricity Journal*, pp. 77-85, outubro/1999.
- CARDELL, J. et al, “Market Power and Strategic Interaction in Electricity Networks”, *Resource and Energy Economics*, vol. 19, p. 109-137, 1997.
- CORRELJÉ, A.F. “Markets for Natural Gas” in *Encyclopedia of Energy*, Vol. 3, p. 799-808, Elsevier, 2004.
- CREMER, H., LAFFONT, J., “Competition in Gas Markets”, *European Economic Review*, vol. 46, p. 928-935, 2002.
- DE WOLF, D., SMEERS, Y., “The gas transmission problem solved by an extension of the simplex algorithm”, *Management Science*, Vol. 46, No. 11, p. 1454-1465, Novembro, 2000.
- EGGING, R.G., GABRIEL, S.A., “Examining Market Power in the European Natural Gas Market, *Energy Policy*, in press.
- FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION (FERC), Order 636, Landmark Orders, 1992 (disponível em junho/2006 em <http://www.ferc.gov/legal/maj-ord-reg/land-docs/rm91-11-000.txt>).
- GABRIEL, S.A. et al, “A Large-scale Linear Complementarity Model of the North American Natural Gas Market”, *Energy Economics*, vol. 27, p. 639-665, 2005.
- GAS TRANSMISSION EUROPE (GTE), “Definition of Available Capacities at Interconnection Points in Liberalized Markets”, GTE Position, Ref: 04CA041, julho/2004 (disponível em junho/2006 em <http://www.gie.eu.com> pelo link [gte / Publications / Capacity and Congestion](#)).
- GAS TRANSPORT SERVICES (GTS), “Network Management”, agosto/2005 (disponível em junho/2006 em http://www.gastransportservices.com/gastransport/en/aboutgts/company/services/network_management).
- GAS TRANSPORT SERVICES (GTS), “Gas Transport”, 2006 (disponível em junho/2006 em <http://gastransportservices.com/gastransport/en/aboutgts/company/services/gastransport>).
- JOSKOW, P. L., TIROLE, J., “Transmission Rights and Market Power on Electric Power Networks”, *RAND Journal of Economics*, vol. 31, no. 3, p. 450-487, 2000.
- JURIS, A., “The Emergence of Markets in the Natural Gas Industry”, Policy Research Working Paper 1895, *The World Bank*, 1998.
- NATIONAL GRID, “How is gas delivered?”, 2006 (disponível em <http://www.nationalgrid.com/uk/Gas/About/How+Gas+is+Delivered>).

- NV NEDERLANDSE GASUNIE (GASUNIE), “Gasunie”, 2006 (disponível em junho/2006 em <http://www.nvnederlandsegasunie.nl/en/whatwedo.htm>).
- OFFICE OF GAS AND ELECTRICITY MARKETS – OFGEM, “The New Gas Trading Arrangements:A Review of the October 1999 NTS Capacity Auctions And Consultation on Developing the Capacity Regime”, dezembro/1999 (disponível em http://www.ofgem.gov.uk/temp/ofgem/cache/cmsattach/1530_ntsdec.pdf)
- PAGLIERO, M., “Strategic interaction on the UK Gas Transportation System: the St. Fergus and Bacton constraints”, *Energy Economics*, n. 25, p. 345-358, 2003.
- RAINERI, R., KUFLIK, A., “Secondary Market and Futures Market for the Provision of Gas Pipeline Transportation Capacity”, *The Energy Journal*, vol. 24, no. 1, p. 23-47, 2003.
- RÍOS-MERCADO, R. Z. et al., “Efficient operation of natural gas transmission systems: A network-based heuristic for cyclic structures”, *computers & Operations Research*, No. 33, p.2323-2351, 2006.
- YOUNES, Z., ILIC, M., “Generation strategies for gaming transmission constraints: will the deregulated electric power market be an oligopoly?”, *Decision Support Systems*, vol. 24, p.207-222, 1999.