



2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA BRASILEIRA

Ana Amélia Magalhães Gomes Martini¹, Adelaide Maria de Souza Antunes²

¹ Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, mmartini@nitnet.com.br

² Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, adelaide@eq.ufrj.br

Resumo – O negócio da indústria petrolífera compõe-se de uma cadeia produtiva que engloba sistemas produtivos que operam em diferentes ecossistemas. Esta indústria pode ser segmentada em: exploração, produção, transporte, refino e distribuição; e sua importância deve-se ao seu poder de alavancagem sobre a economia do país. Este trabalho tem por objetivo fornecer uma visão holística dos diferentes elos da cadeia produtiva do petróleo utilizando indicadores bibliométricos de inovação tecnológica. A metodologia utilizada para a análise da cadeia produtiva tem como ponto de partida o estudo da demanda, ou seja, a caracterização dos consumidores e definição das necessidades e aspirações desse mercado consumidor em relação aos produtos ofertados pelos diferentes segmentos da indústria petrolífera nacional. Para o desenvolvimento do trabalho foram analisadas informações sobre a cadeia produtiva de petróleo, no Brasil e no mundo, levantadas através de pesquisa bibliográfica e busca em bases de dados especializadas. Este artigo faz parte de um estudo mais amplo, objeto de uma tese de doutorado. Como resultado, os fatores críticos de competitividade da cadeia são identificados, contribuindo para a gestão da indústria petrolífera, orientada para a melhoria da competitividade, como subsídio para políticas públicas e da iniciativa privada.

Palavras-Chave: inovação tecnológica; competitividade; cadeia produtiva; indústria petrolífera.

Abstract – The production chain of the oil industry encompasses production systems that operate within different ecosystems. The industry can be split into exploration, production, transportation, refining and distribution, and its importance derives from the influence it has on the nation's economy. The aim of this study is to provide a holistic view of the different links in the oil production chain, using bibliometric indicators for technological innovation. The methodology employed to analyze the production chain took as its starting point a study of demand, i.e. a characterization of the consumers and identification of the needs and expectations of this consumer market with respect to the products supplied by the different segments of the country's oil industry. The data was first collected through bibliographical research and a search of specialized databases on the oil production chain in Brazil and worldwide, after which it was analyzed. The result was an identification of the critical competitive factors in the chain, and a tool to assist in the management of the oil industry, to improve its competitiveness and support public and private policy-making. This article is part of a broader study, which will constitute a doctoral thesis.

Keywords: technological innovation; competitiveness; production chain; oil industry.

1. Introdução

A aceleração das mudanças tecnológicas, em particular da tecnologia da informação, associada ao processo de globalização tem intensificado a competição e a necessidade de novas estratégias empresariais. Além de questões como preço e qualidade, é fundamental que as empresas considerem sua competência em inovar tecnologicamente para poderem competir no mercado. A competitividade é fator de sobrevivência para qualquer organização e a inovação tecnológica se apresenta como fator chave para a diferenciação e o aumento da participação no mercado.

Os setores energéticos mundiais vêm passando por transformações que levaram ao estabelecimento de novos modelos e regimes de concessão para a exploração de recursos naturais. Os setores de óleo e gás vêm sendo especialmente afetados neste contexto. A busca por competitividade tem promovido investimentos em pesquisa e desenvolvimento com objetivo de aperfeiçoar tecnologias visando aumentar a produtividade e reduzir os custos de operação.

O negócio da indústria petrolífera compõe-se de uma cadeia produtiva que engloba sistemas produtivos que operam em diferentes ecossistemas. A cadeia produtiva é entendida como o conjunto de atividades que se articulam progressivamente desde os insumos básicos até o produto final, incluindo distribuição e comercialização, onde cada segmento é um elo da cadeia

Este trabalho tem por objetivo fornecer uma visão holística dos diferentes elos da cadeia produtiva do petróleo utilizando os indicadores bibliométricos de inovação tecnológica e informações obtidas com especialistas de cada área.

2. Inovação Tecnológica e Seus Indicadores

A inovação tecnológica é a chave para o crescimento, a competitividade e o desenvolvimento de empresas, indústrias, regiões e países. Sua importância é fundamental na determinação do estilo de desenvolvimento das regiões ou nações e na forma como esse afeta no presente, e afetará no futuro, a qualidade de vida da população em geral e de seus segmentos. Também pode contribuir para a solução de problemas humanos e ambientais. Por tudo isso, a compreensão e o permanente monitoramento da dinâmica da inovação, dos fatores que a influenciam e de suas conseqüências é uma tarefa que exige esforços concentrados.

Vários autores apontam evidências de uma forte relação entre o crescimento econômico e a elevação da produtividade decorrente da introdução de inovações tecnológicas. A compreensão da natureza dessa relação depende tanto dos avanços das formulações teóricas quanto dos avanços na qualidade das bases de dados empíricas que permitam validar ou invalidar cada uma das diversas formulações teóricas, assim como informar o seu aperfeiçoamento ou o desenvolvimento de novas formulações.

Segundo Viotti (2001), os países em desenvolvimento, como o Brasil, devem ter especial interesse na construção e no aperfeiçoamento de bases de dados sobre os seus processos de mudança técnica. Tais bases poderão contribuir para a adequada compreensão e o efetivo monitoramento desses processos que são determinantes das limitações de suas competitividades e de seus processos de desenvolvimento. Há, ainda, a crença de que o processo característico de mudança técnica dessas economias seja diferente daquele típico das nações industrializadas. Por isso, não é possível permanecer no aguardo do avanço, nos países industrializados, do conhecimento científico sobre a dinâmica do processo de mudança técnica e sobre seus impactos econômicos e sociais. Aquele conhecimento pode não ser suficiente ou adequado para a compreensão das especificidades desse processo em países como o Brasil.

A dificuldade de mensuração da inovação tecnológica é melhor entendida considerando-se os seguintes pontos destacados por Archibugi e Sirilli (2000): cada inovação é diferente de qualquer outra logo é necessário comparar unidades diferentes; a correlação entre o significado econômico e o significado científico e tecnológico de cada inovação não é constante; a difícil identificação de uma relação entre recursos aplicados em determinados projetos científicos e tecnológicos e seus retornos econômicos.

Apesar destas dificuldades foram obtidos avanços, desde meados do século XX, no desenvolvimento de indicadores de diversos aspectos do processo de mudança técnica. O monitoramento desses indicadores tem como objetivo uma melhor avaliação de projetos científicos e tecnológicos, reduzindo o risco de investimentos sem retorno. O desenvolvimento de novos indicadores está relacionado com a evolução da compreensão do processo de mudança técnica, refletida na evolução dos modelos de inovação e mudança técnica, e devem ser vistos como complementares aos indicadores anteriores.

A Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) teve importante papel de liderança no desenvolvimento e sistematização de indicadores tecnológicos, e no aperfeiçoamento e padronização das metodologias utilizadas internacionalmente em sua coleta e divulgação. Os principais indicadores desenvolvidos e hoje consolidados internacionalmente são referentes a: dispêndios em pesquisa e desenvolvimento (P&D); balanço de pagamentos tecnológicos internacionais; caracterização das empresas inovadoras; patentes e recursos humanos engajados em atividades científicas e tecnológicas.

Nos anos 1990, o surgimento de indicadores, tais como acompanhamento das inovações da literatura técnica, *surveys* de tecnologias de produção, apoio público a tecnologias industriais, investimentos intangíveis, e indicadores de tecnologias da informação e comunicação, segue os avanços no entendimento do processo de inovação e mudança técnica observado na evolução dos modelos de inovação. A tendência mais recente é a integração de diversos indicadores provenientes de análises econômicas oriunda da análise do modelo sistêmico. As matrizes de insumo-produto, a produtividade, a análise do capital de risco e as fusões e aquisições são exemplos de indicadores desse tipo.

3. Análise Prospectiva da Cadeia Produtiva do Petróleo

Segundo Castro e Lima (2001), os conceitos de cadeia produtiva e prospecção de demandas passaram a ser utilizados no âmbito dos estudos de setores industriais no Brasil, a partir da década de 1990, visando a reformulação dos processos de planejamento estratégico realizados até então, para promover uma visão mais abrangente da cadeia, considerando as demandas do consumidor final e de todos os demais envolvidos na produção.

Os estudos de prospecção tecnológica têm identificado demandas tecnológicas e não-tecnológicas. Conforme este conhecimento avança, surgem necessidades de propor e implementar medidas para superar os obstáculos identificados ao bom desempenho das cadeias produtivas, ou seja, atender as demandas identificadas.

De acordo com a teoria de sistemas, o sistema pode ser definido como o produto de partes interativas, cujo conhecimento e estudo deve se dar sempre relacionando o funcionamento das partes em relação ao todo. Ainda de acordo com Castro e Lima (2001), os principais elementos a serem observados na análise de um sistema são a determinação de: objetivos, as razões pela qual o sistema opera; limites, o que pertence e o que não está incluído no sistema; contexto, ambiente externo, onde o sistema opera; componentes, os principais segmentos que se relacionam; interação, as relações entre os componentes; insumos ou entradas, elementos utilizados pelo sistema, produzidos externamente; produtos ou saídas, resultados da operação do sistema; e os produtos secundários do sistema. Para a melhor compreensão e gerenciamento dos impactos ocorridos pelas mudanças nos mercados finais torna-se necessária uma visão sistêmica, proporcionada pelo enfoque de cadeias produtivas.

A indústria petrolífera pode ser segmentada em: exploração; produção; transporte; refino e distribuição. Em uma abordagem mais ampla, também pode ser acrescentada a petroquímica, conforme mostra a Figura 1.

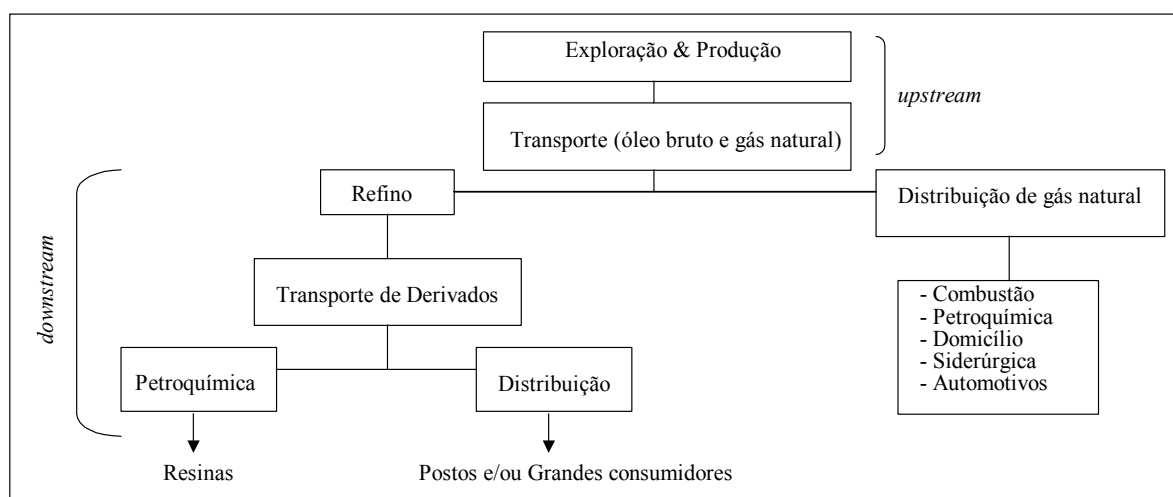


Figura 1. Cadeia produtiva da indústria petrolífera.

A cadeia produtiva do petróleo é o conjunto de componentes interativos, incluindo fornecedores de insumos e serviços, indústrias de processamento e transformação, agentes de distribuição e comercialização, além de consumidores finais. O gerenciamento dos sistemas produtivos tem por finalidade: maximizar a produção; minimizar custos; maximizar a eficiência do sistema produtivo para determinado cenário sócio-econômico; atingir determinados padrões de qualidade; proporcionar sustentabilidade ao sistema produtivo e garantir competitividade ao produto.

Este trabalho promove uma análise da cadeia produtiva do petróleo a partir da demanda dos seus derivados pelo mercado, abordando os pontos críticos e apresentando inovações tecnológicas de cada um dos elos da cadeia, citadas em bibliografia. A análise se inicia pela última etapa da cadeia, a distribuição, e termina na etapa inicial, a exploração.

3.1. Distribuição e Comercialização

As atividades de distribuição e comercialização têm como objetivo disponibilizar o produto final aos consumidores. São menos intensivas em capital e apresentam os mesmos riscos de qualquer atividade econômica. A distribuição se refere à atividade física de levar os derivados de petróleo até os pontos-de-venda ou diretamente ao consumidor. A comercialização se refere às transações comerciais propriamente ditas, para as quais o desenvolvimento de marcas e criação de laços com os clientes são fundamentais.

Os principais pontos-de-venda dos derivados de petróleo são os postos de abastecimento, nos quais são vendidos gasolina, óleo diesel e lubrificantes para os motoristas. A venda de óleo combustível é feita diretamente pelas distribuidoras para os consumidores (em geral indústrias) ou varejistas visando revenda. As distribuidoras também oferecem serviços, tais como: controle de qualidade dos produtos vendidos, suporte técnico e outros.

Em levantamento com profissionais atuando nesta área, os pontos críticos abordados como entraves à alavancagem deste elo da cadeia são essencialmente de caráter político. Interferências externas que favorecem determinados interesses, a falta de um planejamento estratégico para o segmento, a existência de operadores que descumprem leis e regulamentações em benefício próprio e regras estabelecidas favorecendo as grandes distribuidoras em detrimento das pequenas têm como consequência uma concentração da distribuição de derivados nas mãos de

poucas empresas, prejudicando o crescimento do setor e, principalmente, a qualidade do atendimento ao consumidor final.

Na busca por indicadores bibliométricos de inovação tecnológica no transporte de petróleo e gás o tema mais atual é a procura de uma solução economicamente viável para o transporte do gás natural, considerado o recurso energético do futuro. Em um artigo técnico Ercolani e Donati (2000) citam como opção tubulações de gás de alta pressão (*HP pipelines*), que são tubulações por via terrestre operando a altas pressões. Há interesse no desenvolvimento deste tipo de tubulação porque é de senso comum que os sistemas de tubulações de gás serão a solução para a crescente demanda do gás natural. Estas tubulações têm capacidade para transportar grandes volumes de gás e podem percorrer distâncias consideráveis, permitindo juntar novas áreas de produção com mercados em expansão.

Outra forma citada por Badakhshan e Pooladi-Darvish (2000) como atrativa para o transporte e armazenamento do gás natural é a conversão em hidrato de gás (*hydrate gas*), que são cristais de gelo com moléculas de gás dentro. O hidrato de gás ocupa 150-170 vezes menos espaço que o gás correspondente nas condições padrão e pode ser transportado e armazenado a pressões muito mais baixas. O hidrato de gás é estável a temperaturas menores que -20°C e a pressões comumente encontradas nas tubulações. Para armazenagem e transporte em vasos a pressões atmosféricas, a temperatura deve ser -30°C .

É dito que a tecnologia do hidrato de gás deva ser seriamente considerada para o transporte e armazenagem de gás natural por ser uma alternativa atrativa para capturar o gás associado *on shore* e por apresentar viabilidade favorável se comparada com LNG (*liquid natural gas*) e com GTL (gás sintético, *gas to liquid*). O NGH (*natural gas hydrate*) é seguro e ambientalmente amigável, e tem aplicações importantes, incluindo transporte de gás natural a longas distâncias na forma de hidrato congelado seco.

3.2. Refino

O petróleo passa por um processo de refino para obtenção de derivados. Nesse processo, os hidrocarbonetos que formam o petróleo são separados dando origem a produtos distintos. As frações mais leves assumem o estado gasoso, dando origem ao “gás de refinaria”. O gás liquefeito de petróleo (GLP), a gasolina, a nafta e o querosene são extraídos das parcelas seguintes. O óleo diesel se destaca entre os derivados médios. As parcelas pesadas resultam em óleo combustível e asfalto.

O refino é uma atividade que envolve o uso intensivo de capital e exige elevada economia de escala, embora apresente riscos menores que as atividades de exploração e produção. A manutenção mecânica e a instalação e montagem de plantas industriais, de oleodutos e gasodutos e de sistemas de armazenamento são os principais serviços envolvidos nesta etapa.

O processo de refino do petróleo compreende diversas etapas, desde a destilação até o tratamento dos derivados. As refinarias são adaptadas para trabalhar com um tipo específico de petróleo, para otimizar o seu rendimento. Algumas refinarias são altamente complexas, destinadas à produção de uma vasta gama de derivados; outras são mais simples e produzem apenas alguns poucos produtos. Uma característica importante é a flexibilidade para alterar o mix de produção, considerando o tipo de petróleo disponível como matéria-prima e a demanda do mercado. A capacidade de produção de derivados de maior valor é importante, pois alguns derivados pesados, como certos óleos combustíveis, são comercializados no mercado internacional a preços inferiores ao do óleo bruto.

Quanto à tecnologia, um dilema básico no refino do petróleo é a escolha entre usar óleos pesados, que são os mais baratos no mercado internacional, e investir em processos mais sofisticados de refino, ou comprar óleos mais leves, e mais caros, que geram maior quantidade de derivados leves, e diminuir os investimentos. Essa escolha pode se dar por questões de estratégia da empresa, como utilizar prioritariamente o petróleo produzido pela própria empresa, ou por políticas restritivas às importações ou exportações de óleo. Em determinadas circunstâncias, pode ser mais interessante para uma empresa vender o seu óleo bruto e abastecer suas refinarias comprando de terceiros, para otimizar o rendimento do refino.

Uma análise econômica mostra que a falta de investimentos é um ponto crítico na alavancagem do setor de refino do petróleo no Brasil, gerando um forte impacto negativo na cadeia. As instalações das refinarias nacionais e a tecnologia utilizada necessitam de investimentos que permitam a utilização do petróleo nacional como matéria-prima e que garantam uma efetiva melhora na qualidade dos produtos obtidos, para que estes sejam certificados de acordo com normas internacionais e possam competir no mercado externo. Também devem ser feitos investimentos que possibilitem o cumprimento integral das exigências ambientais que regem este setor da indústria. Outro aspecto econômico que impacta o elo do refino é a inexistência de um mercado consumidor para algumas correntes obtidas.

Considerando uma abordagem social, os pontos críticos levantados são as dificuldades de desenvolvimento de parcerias entre o setor do refino e seus fornecedores de serviços e materiais, além das restrições legais e institucionais existentes.

Nos textos técnicos sobre refino de petróleo o assunto mais abordado no momento é a preocupação com processos e produtos mais limpos, visando melhorar a qualidade do ar atmosférico. Uma nova regulamentação rege as especificações dos componentes dos combustíveis, mais especificamente, limitando o teor de chumbo na gasolina e de enxofre no óleo diesel. A regulamentação atual do enxofre criou um mercado imediato para novas tecnologias de refino. Segundo Evans (2002), a indústria do refino identificou rapidamente que a remoção do enxofre a níveis mínimos ou perto de zero não seria alcançada de maneira econômica utilizando-se somente as tecnologias de hidrotreatamento convencionais. Em poucos anos diversas tecnologias novas, e variações das tecnologias existentes, foram desenvolvidas e invadiram o mercado. Os maiores refinadores que também estão no mercado de licenciamento de tecnologia para remoção do enxofre da gasolina são British Petroleum, Shell, Exxon Mobil e Phillips.

Em 1994, a União Européia impôs o primeiro limite à presença de aromáticos nos combustíveis dos veículos para proteger as pessoas da presença de substâncias carcinogênicas no ar. Foram definidos níveis máximos admissíveis de poluentes no ar, tais como, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e benzeno (Buchsbbaum et al, 2002).

Um novo combustível, citado por Cox (2002) como uma alternativa futura, é o diesel sintético ou GTL diesel (*gas-to-liquid diesel*), obtido pelo processo *slurry phase distillation* (SPD) a partir do gás de síntese derivado principalmente do gás natural. Este produto apresenta como vantagens o fato de oferecer uma queima limpa e sem a presença do gás associado na sua produção, além de ter demonstrado uma boa performance nos testes em motores até o momento.

3.3. Exploração e Produção

A atividade de exploração é a prospecção e delimitação das jazidas de petróleo. O levantamento e processamento geofísico, a determinação do perfil dos poços e a avaliação de formações são os serviços mais importantes. No Brasil as jazidas relevantes em produção e as bacias sedimentares mais promissoras estão em plataformas continentais.

Os investimentos petrolíferos em atividades de exploração necessitam de grandes somas de capital devido ao alto custo das pesquisas e da grande especialização técnica requerida. Esta atividade envolve altos riscos para os investidores por serem grandes as chances da área geográfica escolhida para estudo não ser adequada à exploração.

A procura de reservas no subsolo envolve serviços como levantamentos sísmicos, perfurações exploratórias e instalação de sondas. São realizadas pesquisas geológicas e geofísicas para avaliar as condições de formação e acumulação de petróleo em determinada região. Os levantamentos sísmicos indicam se determinada área tem condições para ocorrência de petróleo ou gás, mas não permitem a afirmação de sua real existência, que só será confirmada pela perfuração de poços exploratórios. A partir da avaliação dos dados obtidos na exploração é decidida a viabilidade do desenvolvimento do campo.

A etapa de produção segue a decisão de aproveitamento da jazida. O número de poços necessários ao melhor aproveitamento do campo é definido e inicia-se a perfuração dos poços para produção, instalação de plataformas e da infra-estrutura de transporte. Instalados os poços, é dado início à extração de petróleo do subsolo em escala comercial. Conforme o petróleo vai sendo retirado, é necessário investir na manutenção da produção do campo. Quando o campo deixa de ser economicamente viável são retirados os equipamentos deste e é feita a restauração do ambiente.

Os investimentos no setor de exploração e produção de petróleo trouxeram como resultados uma posição de destaque no cenário mundial para a Petrobras. Atualmente a empresa é reconhecida como detentora de tecnologia de ponta neste setor da indústria.

Os pontos críticos, de cunho tecnológico, identificados neste segmento são: a dificuldade em aumentar o número de reservas provadas do país; a utilização de tecnologias ultrapassadas que não melhoram o fator de recuperação dos reservatórios de óleo e prejudicam o desempenho ambiental, maculando a imagem do país; a falta de modernização das instalações e a não ampliação da infra-estrutura para utilização do gás natural. Estas questões são reflexos de uma política econômica restritiva, onde não há incentivos a novos investimentos no setor.

Do ponto de vista social o não estabelecimento de um relacionamento entre parceiros e concorrentes atuantes nesta área, prejudica a troca de informações e a formação de uma rede de conhecimento e impacta negativamente o crescimento do setor.

Na literatura técnica são encontrados diversos textos sobre exploração e produção em águas profundas. É estimado que bilhões de barris de petróleo se encontrem enterrados em águas com mais de 500 metros de profundidade. Para Bichsel e Leonard (2002) a tecnologia adequada será a ferramenta central para o desenvolvimento sustentável em águas profundas e para atender este nicho de mercado a indústria de perfuração aperfeiçoou seus equipamentos tornando-os, conseqüentemente, mais pesados, maiores e mais caros. O desenvolvimento de tecnologias em áreas como projetos de *risers* de perfuração, ancoragem, bombeamento submerso e tubulações expansíveis tornarão possível a diminuição drástica do tamanho destas unidades de perfuração.

Estes autores mencionam muitas opções de sistemas de operação em águas profundas, desde estruturas fixas como as plataformas convencionais até torres para sistemas flutuantes como as plataformas *tension legs* com produção e operações de armazenamento flutuantes (*FPSO – Floating Production and Storage Operations*). A performance da perfuração e completação é considerada a chave para o sucesso na operação em águas profundas. Acredita-se que as novas tecnologias como os tubulares expansíveis, perfuração sem *risers*, projetos de poços de calibre largo e melhorias em posicionamento e sistemas de ancoragem contribuirão para o sucesso em águas profundas.

Um tema abordado sobre a exploração de petróleo é a utilização de levantamentos de dados sísmicos, até então, a única técnica remota capaz de distinguir camadas descontínuas no subsolo. Esta técnica vem sendo amplamente utilizada na exploração de petróleo por várias décadas para utilizar uma tecnologia bem compreendida embora a análise recaia sobre o domínio da geofísica. O modelo sísmico 3-D é o mais utilizado na atualidade, embora neste modelo somente uma fração do potencial dos dados sísmicos seja capturada. Walker (2002) afirma que o surgimento do modelo 4-D trouxe inovação a esta área, oferecendo a caracterização de reservatórios com base em dados sísmicos e passando a ser a corrente principal da indústria de óleo e gás. Entretanto, embora haja referências de sucessos de aplicação desta técnica na literatura nos últimos cinco anos, as aplicações do modelo 4-D ainda são pouco utilizadas enquanto as aplicações 3-D continuam a ser utilizadas universalmente.

Quanto ao setor de produção de petróleo o assunto mais abordado é a melhoria das tecnologias utilizadas e otimização de projetos com objetivo de redução de custos de operação. Um exemplo interessante dado por Al-Rushaid, (2000) é a escolha da broca de perfuração dos poços. O custo da broca é irrelevante mediante o custo de perfuração do poço, mas a performance da broca impacta no todo do custo da operação do poço. A broca de *Pollycrystalline Diamond Compact* (PDC) é preferida porque este material perfura mais rapidamente, permanece mais tempo no fundo do poço e

apresenta boa performance em uma ampla gama de condições adversas de perfuração. Há de se considerar que a redução de custo gerada com o uso de brocas de PDC tem que ser justificada já que o preço destas brocas é muito mais alto que o preço das brocas cilíndricas (*roller bits*).

4. Conclusão

Este estudo apresenta como contribuição um entendimento da cadeia como um todo, fazendo uma breve análise de cada elo e apontando pontos críticos. A análise dos resultados obtidos na pesquisa deverá contribuir para a gestão da indústria petrolífera, orientada para a melhoria da competitividade.

A dinâmica de tecnologias competitivas para aumentar o número de reservas de petróleo provadas no país e aumentar o grau de recuperação de óleos dos reservatórios, a adequação do refino ao tipo de petróleo nacional, a melhoria da distribuição de gás natural e o atendimento às questões ambientais são os pontos críticos observados ao longo da cadeia. A identificação destes gargalos no crescimento do setor serve como diretriz para os novos investimentos a serem feitos com objetivo de tornar a indústria petrolífera brasileira competitiva.

A análise dos indicadores bibliométricos destaca, no elo de distribuição de derivados de petróleo, a busca por uma solução tecnológica e economicamente viável para a distribuição do gás natural em larga escala. No elo do refino, a análise aponta para a preocupação com o desenvolvimento de processos e produtos mais limpos, visando melhorar a qualidade do ar atmosférico. Nos setores de exploração e produção, são ressaltados os investimentos em águas profundas, onde o Brasil se apresenta em posição de destaque no ranking mundial, a utilização de modelos de análise de dados sísmicos na exploração de petróleo e a preocupação com a otimização de processos de produção visando reduzir custos operacionais.

Um dos desdobramentos deste estudo, a ser apresentado no trabalho de tese de doutorado, é a análise dos demais indicadores de inovação tecnológica em cada um dos elos da cadeia, entre eles: dispêndios em P&D; balanço de pagamentos tecnológicos internacionais; patentes e recursos humanos engajados em atividades científicas e tecnológicas.

5. Agradecimentos

As autoras agradecem a Agência Nacional do Petróleo pela bolsa de doutorado concedida dentro do seu Programa de Recursos Humanos na Escola de Química, PRH 13.

6. Referências

- AL-RUSHAID, A.A. *Drilling low cost deep wells*. In.: 16th World Petroleum Congress (CD-ROM). Alberta, Canadá, 2000.
- ARCHIBUGI, D., SIRILLI, G. The direct measurement of technological innovation in business. *National Research Council*, Roma, Itália, p. 1-2, 2000.
- BADAKHSHAN, A., POOLADI-DARVISH, M. *Gas hydrate a new means for natural gas storage and transportation*. In.: 16th World Petroleum Congress (CD-ROM). Alberta, Canadá, 2000.
- BICHSEL, M., LEONARD, M. *Prospects for development of deep-water provinces*. In.: The official publication of the 17th World Petroleum Congress (CD-ROM). Rio de Janeiro, Brasil, 2002.
- BUCHSBAUM, A., PURGSTALLER, A., HOFFER, W. *The future of aromatics in motor fuels*. In.: The official publication of the 17th World Petroleum Congress (CD-ROM). Rio de Janeiro, Brasil, 2002.
- CASTRO, A.M.G., LIMA, S.V. *Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Indústria*. Secretaria de Tecnologia Industrial, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Brasília, 2001.
- COX, P. *Sasol process provides strong GTL platform*. In.: The official publication of the 17th World Petroleum Congress (CD-ROM). Rio de Janeiro, Brasil, 2002.
- ERCOLANI, D., DONATI, E. *Long distance transport of natural gas by high pressure pipelines*. In.: 16th World Petroleum Congress (CD-ROM). Alberta, Canadá, 2000.
- EVANS, B. *Clear-fuels technology: whose obligation is it?* In.: The official publication of the 17th World Petroleum Congress (CD-ROM). Rio de Janeiro, Brasil, 2002.
- MARTINI, A.A.M.G. *Análise da cadeia produtiva da indústria petrolífera brasileira*. Exame de qualificação de tese de Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- VIOTTI, E.B. *Indicadores de inovação tecnológica: fundamentos, evolução e sua situação no Brasil*. Projeto Indicadores de Competitividade em Cadeias Produtivas. Rede MDIC e IBQP-PR. Brasília, 2001.
- WALKER, R. *A new level of confidence for the asset manager*. In.: The official publication of the 17th World Petroleum Congress (CD-ROM). Rio de Janeiro, Brasil, 2002.