



# O SISTEMA DE INOVAÇÃO PETROLÍFERO E A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UM CASO DE COOPERAÇÃO

Área temática: Educação em Sistema de Gestão

**Marta Lucia Azevedo Ferreira**

[marta.ferreira57@gmail.com](mailto:marta.ferreira57@gmail.com)

**Resumo:** Este artigo se propõe a tratar o tema da cooperação entre a academia e a indústria petrolífera na perspectiva dos estudos sobre inovação utilizando como método o estudo de caso, que reúne múltiplas fontes de evidência. A cooperação é abordada a partir da literatura dos sistemas de inovação em sua dimensão setorial, na qual se insere a descrição do Programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PRH-ANP). A seguir é apresentado o caso interdisciplinar e interdepartamental do Programa de Formação de Recursos Humanos em Economia, Planejamento Energético e Engenharia de Produção na Indústria do Petróleo (PRH-21) no âmbito da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), nele destacando a formação em engenharia de produção. Foram utilizadas as pesquisas bibliográfica, documental e de campo, sendo esta baseada em um total de oito entrevistas pessoais em profundidade realizadas em 2013 e 2014 com gerentes e especialistas da ANP e da Petrobras e com docentes da UFRJ. Conclui-se que apesar de compartilhado entre diferentes unidades da universidade, o Programa funciona muito bem por manter a cooperação como eixo central, tanto no âmbito interno, como no âmbito das interações com a ANP, a Petrobras e as outras empresas do setor. Os resultados e benefícios incluem o fortalecimento da academia brasileira e de seus vínculos com a indústria, o avanço na produção de conhecimentos científico-tecnológicos voltados para a indústria e a alta empregabilidade dos egressos, confirmando o sucesso de mais de 15 anos do PRH-ANP. O surgimento do Grupo de Economia da Energia no Instituto de Economia e do curso de engenharia de petróleo na Escola Politécnica são exemplos deste sucesso.

**Palavras-chaves:** Cooperação Academia-Indústria, Sistema de Inovação Petrolífero, Formação em Engenharia de Produção, PRH-ANP, PRH-21.

## 1 Introdução

O tema da cooperação entre a academia e a indústria é central na literatura sobre inovação, especialmente nas engenharias e nos países em desenvolvimento, onde os sistemas de recursos humanos, organizacionais e gerenciais têm importância maior do que os sistemas técnico-físicos e os produtos e serviços nos processos de aprendizagem tecnológica e de inovação (Figueiredo, 2012). O sistema de inovação petrolífero se distingue do padrão limitado de interações entre a academia e a indústria que caracteriza o sistema brasileiro de inovação e a Petrobras é uma das empresas que mais interage com universidades no país, constituindo campo privilegiado para a análise do tema (De Negri et al., 2013; Garcia et al., 2011; Ramos & Ferreira, 2014; Righi & Rapini, 2011; Suzigan & Albuquerque, 2011; Turchi et al., 2013). A empresa é um elo forte do sistema setorial de inovação e as suas atividades altamente especializadas sempre demandaram funções técnicas em grande parte exclusivas e não disponíveis no mercado, eis porque a formação de recursos humanos - especialmente de engenheiros - foi desde o início um desafio compartilhado com parceiros externos (Petrobras, 2013).

Assim, o ensino de engenharia voltado para o setor foi constituído em grande medida a partir das interações e parcerias da empresa com as universidades brasileiras, acompanhando as suas necessidades de formação, os seus desafios tecnológicos e o desenvolvimento da própria indústria. A criação da Petrobras em 1953 em regime de monopólio marcou a fase de consolidação institucional e setorial, que coincidiu com o movimento de expansão da empresa, mas a reestruturação institucional e a abertura de mercado decorrentes da Emenda Constitucional nº 9/1995, da Lei nº 9.478/1997 (Lei do Petróleo) e da implantação da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) em 1998 inauguraram uma nova fase que estimulou a demanda por profissionais capazes de atuar no contexto pós-monopólio, levando à criação em 1999 do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP (PRH-ANP).

Mantendo a forte tradição no ensino de engenharia no país, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) oferece atualmente oito programas de formação em engenharia voltados para o setor de petróleo por meio de parcerias com a ANP e a Petrobras, destacando-se no cenário acadêmico nacional. O Edital ANP nº 02/1999 levou à proposta interdisciplinar e interdepartamental do Programa de Economia, Planejamento Energético e



Engenharia de Produção na Indústria do Petróleo (PRH-21), foco deste artigo por envolver a cooperação também no âmbito interno da universidade. Embora as engenharias de produção e de petróleo tenham em comum a natureza interdisciplinar, a primeira se destaca pelo caráter abrangente que favorece o diálogo com as demais engenharias e ciências sociais aplicadas como a economia, já que envolve recursos de diversas naturezas utilizados conjuntamente (Fleury, 2008). A necessidade de levar em conta sistemas humanos e sociais aumenta significativamente a complexidade dos seus problemas e impõe a necessidade de tratá-los segundo uma perspectiva ampla, sistêmica e interdisciplinar (Iarozinski Neto & Leite, 2010).

De fato, o projeto e a gerência de sistemas integrados de pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia torna a engenharia de produção mais genérica do que as outras engenharias, englobando um conjunto mais amplo de conhecimentos e habilidades e favorecendo uma atitude mais aberta ao convívio com outros referenciais teóricos, linguagens e perfis de profissionais, o que é particularmente relevante no setor petrolífero, sobretudo no segmento de exploração e produção, que envolve atividades complexas que exigem investimentos de grande monta e profissionais altamente qualificados (Cardoso, 2012). Como o mercado externo é competitivo e a demanda é alta, o setor exige também alta produtividade nas operações, que ocorrem em ambientes de risco cujos fatores são de alto impacto, o que leva à necessidade de instalações com requisitos rigorosos de segurança e à utilização de equipamentos de elevado valor financeiro (Alonso, 2013).

A autossuficiência declarada em 2006, as descobertas na camada pré-sal anunciadas em 2007 e os novos regimes de partilha de produção e cessão onerosa instaurados em 2010 abriram para o país amplas oportunidades econômicas aliadas a desafios tecnológicos e de formação de recursos humanos e é neste contexto que se insere a contribuição do presente artigo. Depois dessa introdução, apresenta-se na seção dois uma breve revisão da literatura sobre os sistemas setoriais de inovação e uma descrição geral do PRH-ANP. Na seção três apresenta-se o caso do PRH-21, nele destacando a formação em engenharia de produção por meio da cooperação no âmbito da própria UFRJ e dela com a ANP e a Petrobras. Como afirma Yin (2010), o método do estudo de caso busca a compreensão de fenômenos contemporâneos e complexos em profundidade e em seu contexto na vida real por meio de múltiplas fontes de evidência. Assim, este artigo foi elaborado a partir de pesquisa



bibliográfica, documental e de campo, sendo esta baseada em um total de oito entrevistas pessoais em profundidade realizadas em 2013 e 2014 com gerentes e especialistas da ANP e da Petrobras e com docentes da UFRJ. Na seção quatro são apresentadas as considerações finais e referências bibliográficas utilizadas.

## **2 O Sistema de Inovação Petrolífero e o Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP**

A literatura sobre os sistemas de inovação surgiu na Europa nos anos 80 a partir do conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI) como um conjunto de atores, redes e instituições e suas interações que contribui para o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizagem de um país e também o afeta (Freeman, 1987, 1995; Lundvall, 1988, 1992; Nelson, 1992, 1993). As políticas governamentais exercem influência sobre os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) das empresas que, por sua vez, direcionam as suas demandas para o sistema de educação superior. As universidades têm papel relevante, especialmente em campos aplicados como as engenharias, e em cooperação com as empresas, de modo a favorecer a criação de comunidades tecnológicas (Nelson, 1992, 1993).

O subsistema de desenvolvimento de recursos humanos é destacado por Lundvall et al. (2002) ao abordarem o sistema formal de educação e treinamento, a dinâmica do mercado de trabalho e a organização do processo de desenvolvimento do conhecimento e da aprendizagem em empresas e redes. Mas como o sistema educacional é lento para absorver as mudanças tecnológicas, organizacionais e sociais, a formação de redes e parcerias entre universidades e empresas precisa ser estimulada, ainda que não possa ser generalizada. O dilema das universidades entre ceder ou não às demandas empresariais pode ser resolvido com a diversificação e a diferenciação, desde que mantidas as pesquisas de amplo interesse social e de longo prazo (Lundvall, 2002, 2007).

Além da dimensão nacional, os sistemas de inovação podem ser abordados na dimensão setorial, que merece destaque no caso de países em desenvolvimento como o Brasil, caracterizado pela construção tardia do SNI e pela heterogeneidade da estrutura industrial (Campos & Ruiz, 2009; Suzigan & Albuquerque, 2011). O foco dirige-se para a demanda das



empresas sobre o sistema de educação superior no sentido de formar engenheiros com boa capacidade de solução de problemas e de aprendizagem, fortalecendo e dinamizando setores econômicos estratégicos e contribuindo para o amadurecimento do SNI. Eis porque a abordagem setorial sobre as interações universidade-empresa é relevante, como mostram Britto e Oliveira (2011), Bittencourt (2012), Freitas et al. (2013) e Shima e Scatolin (2011).

Vale lembrar que as especificidades setoriais foram classificadas por Pavitt (1984), que apontou a proeminência das atividades de P&D nos setores baseados em ciência e intensivos em escala. No primeiro caso, as grandes empresas predominam e suas trajetórias tecnológicas são fortemente condicionadas pelos avanços científicos, o que coloca em relevo o papel das áreas de engenharia e de suas interações com as universidades, tal como se verifica no setor farmacêutico. No segundo caso, em que as grandes empresas também predominam, as inovações são introduzidas a partir de projetos e da criação e operação de sistemas produtivos complexos, como ocorre no setor petrolífero, embora o segmento de exploração e produção em águas profundas e ultraprofundas tenha alcançado o patamar inovativo dos setores baseados em ciência, a exemplo do segmento de exploração aeroespacial (Morais, 2013). A contribuição da pesquisa acadêmica é alta nesses setores, onde as atividades são fortemente baseadas em pesquisa básica e aplicada (Salter & Martin, 2001).

Malerba (2002) define um sistema setorial de inovação e produção como um conjunto de produtos existentes e novos para usos específicos e de agentes que atuam dentro e fora do mercado para a criação, a produção e a venda desses produtos. Este sistema possui uma base de conhecimentos, tecnologias e insumos, além da demanda existente, emergente e potencial e inclui os seguintes atores: indivíduos (cientistas, empreendedores e consumidores); empresas (fornecedoras de insumos, produtoras e usuárias, além de suas áreas específicas como P&D, *marketing* e produção); organizações (universidades, agências governamentais e financeiras, sindicatos e associações técnicas); e grupos de organizações (associações industriais).

O setor de atividade explica o ambiente tecnológico no qual as empresas operam por apresentar características particulares, aspecto destacado por Malerba (2003) ao referir-se ao conhecimento e domínio tecnológico setorial. Ele assinala a heterogeneidade dos atores e os processos de aprendizagem em redes que resultam dos mecanismos de interação moldados pelas instituições. A dimensão setorial é multidimensional e constitui um excelente instrumento de análise, pois permite levar em conta todas as demais dimensões dos sistemas





de inovação no limite de suas fronteiras, ao mesmo tempo em que ilumina especificidades institucionais, tecnológicas e de atuação dos atores e de suas redes (Malerba, 2007).

No Brasil, as histórias de desenvolvimento do setor e da Petrobras se confundem a partir da necessidade de implantação do parque de refino e da exploração e produção terrestre e posteriormente marítima, direcionando a oferta de recursos humanos pelas universidades até a criação do PRH-ANP (Petrobras, 2013). Como a Petrobras já não seria mais o único ator indutor da formação de recursos humanos, a ANP tomou para si esta incumbência. Tratava-se de estimular a formação de técnicos (PRH-Técnico) e de graduados, mestres e doutores (PRH-Superior) em várias áreas do conhecimento, o que ocorreu até 2004, quando passou a vigorar apenas o PRH-Superior, hoje conhecido simplesmente como PRH. Sustentado pela visão de longo prazo baseada na formação de especialistas capazes de suprir o aumento da demanda e a evolução do setor, o PRH buscou desenvolver uma cultura de ensino e pesquisa aplicada ao setor e fortalecer as competências regionais, acompanhando as sucessivas rodadas de licitação.

A ideia do Programa foi a de agregar ao diploma dos egressos o título de especialistas a partir da frequência obrigatória às disciplinas específicas oferecidas pelas universidades nos cursos e programas existentes, de natureza optativa para aqueles que não eram bolsistas do PRH. Deste modo, os egressos não teriam prejuízos em sua formação original, além de conquistarem o título de especialistas em determinadas áreas do setor de petróleo. Esta concepção viabilizou a criação do PRH, que teria sido muito demorada e difícil a partir da criação de novos cursos ou programas. Assim, o Programa visa financiar a participação de graduandos a partir do quinto período - desde que concluídas as disciplinas do ciclo básico - interessados em elaborar monografia em temas relacionados ao setor e, analogamente, aos mestrandos e doutorandos que pretendem desenvolver dissertações e teses nestes temas.

Os coordenadores são encarregados de auxiliar a pesquisa sobre a demanda de cada Programa e de promover a inserção dos egressos no mercado de trabalho, além de serem responsáveis pela gestão da taxa de bancada, que visa suprir as despesas do Programa, principalmente em relação às atividades laboratoriais dos bolsistas. Os pesquisadores visitantes, por sua vez, são responsáveis pela pesquisa sobre tendências tecnológicas do setor e propostas curriculares, além de atenderem à necessidade de complementação do

quadro docente em razão da introdução das disciplinas específicas. Em geral o seu perfil contempla a experiência profissional no setor visando o incentivo às interações academia-indústria prestando auxílio, tanto aos coordenadores, como aos alunos ao estimularem a sua familiaridade com questões, problemas e situações típicas deste ambiente. Trata-se de prepará-los mais adequadamente para as atividades profissionais futuras, já que a empregabilidade no setor foi definida como o principal resultado esperado do Programa.

Um elemento importante para a expansão do Programa foi o apoio financeiro da Petrobras a partir de 2009, que ampliou as possibilidades de execução do PRH, permitindo o aumento do número de bolsas, o lançamento de novos editais e a retomada do financiamento aos cursos técnicos. O Programa de Formação de Recursos Humanos da Petrobras (PFRH) surgiu da parceria com a ANP e nos moldes do PRH, tendo como objetivos contribuir para a redução do índice de evasão escolar, o aumento do número de profissionais qualificados para o setor e a melhoria da qualidade da formação. Além do apoio financeiro aos Programas da ANP, o Programa da Petrobras previu a criação de programas em temas de interesse da empresa, a exemplo do Programa de Formação em Engenharia Elétrica (PRH-PB-219), em atividade na UFRJ desde 2011.

O PRH-ANP dispõe de um sistema de avaliação que vem evoluindo ao longo de tempo e que hoje se encontra consolidado, culminando com a Reunião Anual de Avaliação (RAA), a qual reúne representantes de todos os Programas e demais atores do setor envolvidos. A ANP utiliza critérios acadêmicos que envolvem a produção de material didático, as publicações externas, os prêmios recebidos e a avaliação resultante da RAA, enquanto os critérios empresariais incluem as interações dos Programas com as agências de fomento e a indústria, além da empregabilidade dos egressos no setor. A Agência utiliza ainda critérios gerenciais que envolvem aspectos mais operacionais como o comprometimento das Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT), ou seja, das universidades e institutos de pesquisa no cumprimento das exigências previstas nos Manuais da ANP, a divulgação e realização de atividades complementares e a entrega de trabalhos pelos bolsistas. O somatório das pontuações em cada um desses critérios leva ao *ranking* dos Programas, que direciona a distribuição de bolsas e taxas de bancada para o ano seguinte.

O sucesso do PRH-ANP é medido através da taxa de aproveitamento dos egressos pelo mercado de trabalho e da avaliação dos egressos quanto à adequação da formação

recebida aos requisitos de desempenho de suas atividades envolvendo coordenadores, pesquisadores visitantes, bolsistas e representantes da ANP, além de entidades de classe e empresas. Tais indicadores dependem da entrega dos Relatórios Anuais Pós-Formatura e dos Relatórios de Avaliação do Programa pelos alunos, do acompanhamento das ICT e da fiscalização da ANP, sendo um desafio acompanhar a inserção profissional dos egressos durante o período previsto de três anos. Os termos de cooperação ou convênios estabelecidos entre a ANP e as ICT são válidos por um ano e a sua prorrogação depende do cumprimento das obrigações previstas e dos resultados obtidos.

Assim, o PRH-ANP é um programa bem estruturado que vem se ampliando de maneira consistente, acompanhando a evolução do setor petrolífero e a consequente demanda por mão de obra qualificada. De acordo com a ANP, existem hoje 55 Programas oferecidos por 32 ICT - a maioria universidades - em 16 estados brasileiros. O único Programa existente na Região Norte tem lugar no Pará, mais precisamente na Universidade Federal do Pará (UFPA), enquanto na Região Nordeste o destaque é o estado do Rio Grande do Norte com um total de 07 Programas concentrados na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), que detém 06 Programas. Na Região Sudeste o destaque é o estado do Rio de Janeiro com 16 Programas - dos quais 09 pertencem à UFRJ - e o estado de São Paulo com um total de 06 Programas. Na Região Sul a distribuição entre os Programas é mais equilibrada: Rio Grande do Sul (03), Paraná (02) e Santa Catarina (02).

Apesar da preocupação da Agência em fortalecer as competências regionais e ao mesmo tempo minimizar as diferenças entre elas, a distribuição litorânea dos Programas é um reflexo da importância crescente dos investimentos da Petrobras em exploração e produção marítima, especialmente na Bacia de Campos, o que explica a proeminência do estado do Rio de Janeiro no conjunto de Programas. Cabe considerar também a localização da sede da empresa neste estado e a proximidade geográfica entre o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes) e o *campus* da UFRJ na Ilha do Fundão. Esta parceria foi considerada história pelos entrevistados na ANP, na Petrobras e na universidade.

De acordo com a ANP, o Programa tem como resultado a alta empregabilidade no setor. Muitos egressos vêm conquistando posições na Agência, na Petrobras e em outras empresas ou preferem dar continuidade aos estudos por meio do PRH. A Agência informa





que de 1999 a 2013 foram concedidas 8.290 bolsas das quais 52% voltadas para o nível de graduação, 27% para o mestrado, 11% para o doutorado e 10% para o nível técnico. No período de 1999 a 2014, o investimento foi de R\$ 377 milhões. Assim, uma média de 550 egressos por ano em diversas áreas do conhecimento vem obtendo conhecimentos específicos do setor petrolífero e conquistando posições com mais facilidade no mercado de trabalho, o que contribui para o caráter inovador do Programa.

Na visão da Agência, os principais benefícios do Programa são o fortalecimento da academia brasileira e o avanço na produção de conhecimentos científico-tecnológicos, que se reflete nas publicações docente e discente e nos diversos prêmios recebidos, dentre os quais se destacam a nível nacional o Prêmio ANP de Inovação Tecnológica e o Prêmio Petrobras de Tecnologia, além dos prêmios internacionais. O estímulo às interações entre a academia e a indústria foi outro benefício destacado. O Programa é considerado inovador pela abrangência nacional, diversidade de temas, funcionamento ininterrupto por longo período e utilização de um modelo consistente e sistemático de avaliação que vem comprovando o alto nível das pesquisas e publicações acadêmicas.

### **3 O Sistema de Inovação Petrolífero e a Formação em Engenharia de Produção: um Caso de Cooperação**

As universidades brasileiras surgiram somente no século XX e a primeira foi a Universidade do Rio de Janeiro (URJ), criada em 1920 a partir da fusão da Escola Politécnica, da Escola de Medicina e de uma das Escolas de Direito existentes. A Escola Politécnica nasceu em 1874 e foi a primeira escola de engenharia do país. A sua origem remonta a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, criada em 1792, que sucedeu a Aula do Terço de 1738. A Escola Politécnica formava, tanto engenheiros, como bacharéis e doutores em ciências, o que lhe conferia prestígio. O corpo docente era notável, o ensino de alto nível e a disciplina rígida, seguindo a tradição militar constitutiva do ensino de engenharia no Brasil (Ferreira, 2010).

A URJ e a Escola Politécnica passaram por diversas denominações, atualmente constituindo a Escola Politécnica da UFRJ (Poli-UFRJ), que oferece no campo da engenharia 15 cursos de graduação, 03 cursos de mestrado profissional, 09 cursos de

extensão de longa duração e 06 cursos de extensão de curta duração. A Coordenadoria dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (Coppe) foi criada em 1963 pelo engenheiro Alberto Luiz Coimbra, sendo hoje chamada Coppe - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Trata-se do maior complexo laboratorial de engenharia do país por contar com mais de 100 instalações de alto nível, além de oferecer 13 programas de engenharia de mestrado e doutorado e 03 programas interdisciplinares de mestrado e doutorado. Assim, a UFRJ oferece um total de 49 atividades regulares de ensino de engenharia, refletindo o seu longo tempo de existência (Ferreira, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (Abepro), o ensino de engenharia de produção surgiu em 1955 na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e a seguir na pós-graduação da UFRJ: em 1957 foram inseridos conteúdos relativos ao tema no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Econômica e em 1967 foi criado o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção a partir do mestrado, tendo sido o doutorado oferecido apenas em 1979. A perspectiva que orientou este Programa foi interdisciplinar e abrangente, buscando promover o diálogo com as ciências exatas e da natureza, as ciências sociais e da saúde e incluir a visão antropológico-filosófica como arcabouço para a sua autocompreensão. A ideia de intervenção transformadora da realidade brasileira também foi relevante, no sentido de contribuir para o crescimento econômico e o desenvolvimento econômico e social do país.

Na graduação, o curso de engenharia industrial surgiu em 1971 a partir da regulamentação da profissão pela Lei nº 5.194/1966, passando a chamar-se engenharia de produção em 1973. O propósito era abranger as ciências físicas, matemáticas e sociais e permitir aos egressos a atuação no planejamento, projeto, implantação, avaliação e controle de sistemas de produção, levando em conta princípios e métodos de análise e de projeto e a harmonização entre homens, máquinas, equipamentos e meio-ambiente. Hoje o currículo envolve as áreas de economia e engenharia econômica, gerência de produção, métodos quantitativos, informática e automação industrial, além de tecnologias básicas e ciências sociais. A versatilidade e a interdisciplinaridade são consideradas características marcantes da formação em engenharia de produção, visando contemplar um espectro diversificado de interesses e ao mesmo tempo integrar saberes de origem variada.

No entanto, o envolvimento da UFRJ na formação de profissionais para o setor petrolífero é ainda mais antigo, pois em 1952 já havia sido firmado um convênio entre a Escola de Química (EQ) e o Conselho Nacional do Petróleo (CNP) para o desenvolvimento do curso de refinação de petróleo, único do tipo no mundo. As interações com o setor se ampliaram com a criação da Petrobras e do Centro Nacional de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo (Cenap) nos anos 50 e do Cenpes nos anos 60, ainda com o nome de Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, que passou a demandar também serviços tecnológicos. A descoberta da Bacia de Campos abriu para a universidade novas perspectivas e desafios de formação e pesquisa, levando à ampliação dos convênios durante as décadas de 70 e 80, especialmente depois da transferência do Cenpes para o *campus* da universidade na Ilha do Fundão (Petrobras, 2013).

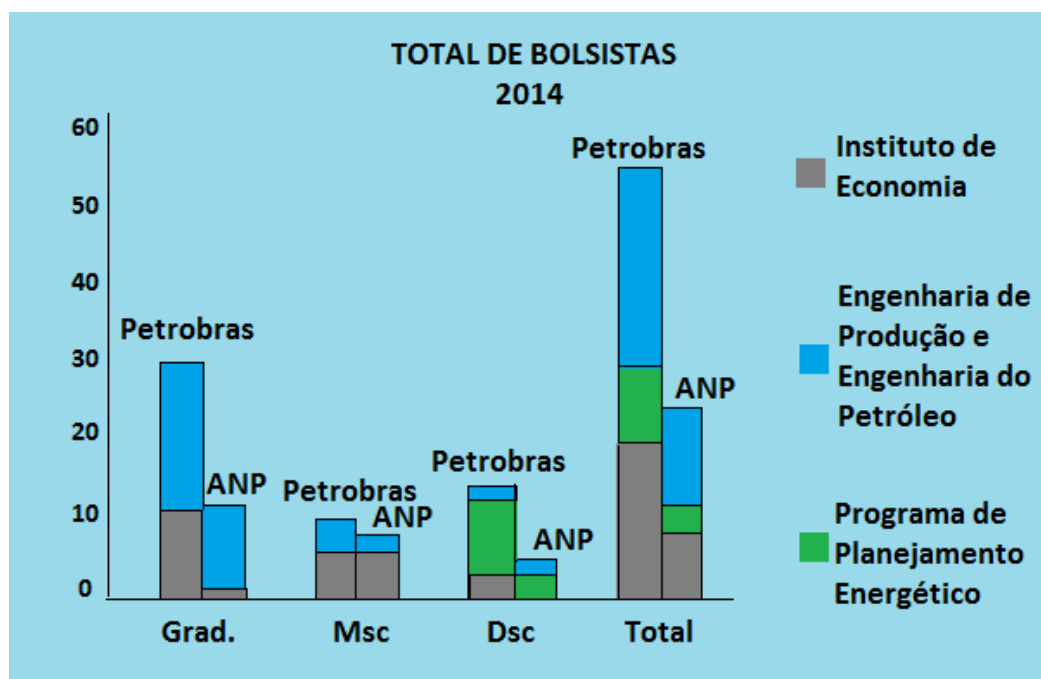
No final dos anos 90 foram lançados pela ANP os primeiros editais de formação de recursos humanos para o setor petrolífero, que acabaram promovendo o maior entrosamento entre as várias escolas, departamentos e institutos da UFRJ, já que a maior parte das propostas agregou competências de pesquisadores oriundos de vários cursos e programas, aspecto destacado positivamente pelos entrevistados. A adesão da Petrobras ao PRH-ANP ampliou as redes formais e informais estabelecidas, bem como as possibilidades de criação de programas e de obtenção de recursos. Assim, a universidade oferece atualmente oito Programas de formação em engenharia voltados para o setor por meio de sete convênios com a ANP (PRH-ANP) e de um convênio com a Petrobras (PRH-PB). O PRH-21 se destaca entre eles pelo caráter interdisciplinar e interdepartamental, agregando as competências da universidade nos campos da economia (Instituto de Economia) e da engenharia (Poli e Coppe) na formação de recursos humanos de alta qualificação para atuação nos setores de petróleo, gás natural e energia.

Na UFRJ, a ideia de participar do PRH-21 foi motivada pela necessidade de ampliação das fontes de recursos, aproveitando a infraestrutura física e laboratorial e a experiência dos docentes nos cursos e programas existentes. A expansão do setor vem provocando o aumento da demanda por parte das empresas e dos alunos, sobretudo na graduação, já que o setor absorve os egressos oferecendo altos salários. Os alunos de pós-graduação, por sua vez, demonstram maior interesse na atividade de pesquisa. De acordo com o coordenador do PRH-21, que atua na Poli e na Coppe, os alunos de engenharia de produção consideram o setor



petrolífero como uma das opções disponíveis e aqueles mais interessados em trabalhar no setor acabam migrando para o curso de engenharia de petróleo em razão das boas perspectivas salariais. Mas para os futuros engenheiros de produção, a conquista da bolsa e o do título de especialização em petróleo também constituem atrativos por agregarem valor ao diploma. Os alunos da pós-graduação em engenharia de produção são atraídos pelas possibilidades de pesquisa e de aplicação de modelos e ferramentas nas operadoras do setor - dada a ênfase do Programa em pesquisa operacional - e pelas bolsas oferecidas. Elas são financiadas pela ANP e pela Petrobras e a distribuição entre os cursos e programas participantes é resumida a seguir:

Gráfico 1 - Número de Bolsistas do PRH-ANP-21 em 2014



Fonte: Anais da RAA - PRH-ANP (2014)

No PRH-21, a graduação abrange o curso de economia com ênfase em petróleo e gás, o de engenharia de produção com ênfase em petróleo e gás e o de engenharia de petróleo com ênfase em gestão. No mestrado e doutorado, os programas envolvidos são economia com ênfase em petróleo e gás, planejamento ambiental e energético com ênfase em petróleo e gás e engenharia de produção com ênfase em pesquisa operacional aplicada ao setor de petróleo e gás. As informações a seguir foram apresentadas na RAA promovida pela Agência em 2014 e extraídas dos anais do evento (ANP, 2014). Assim, o Instituto de



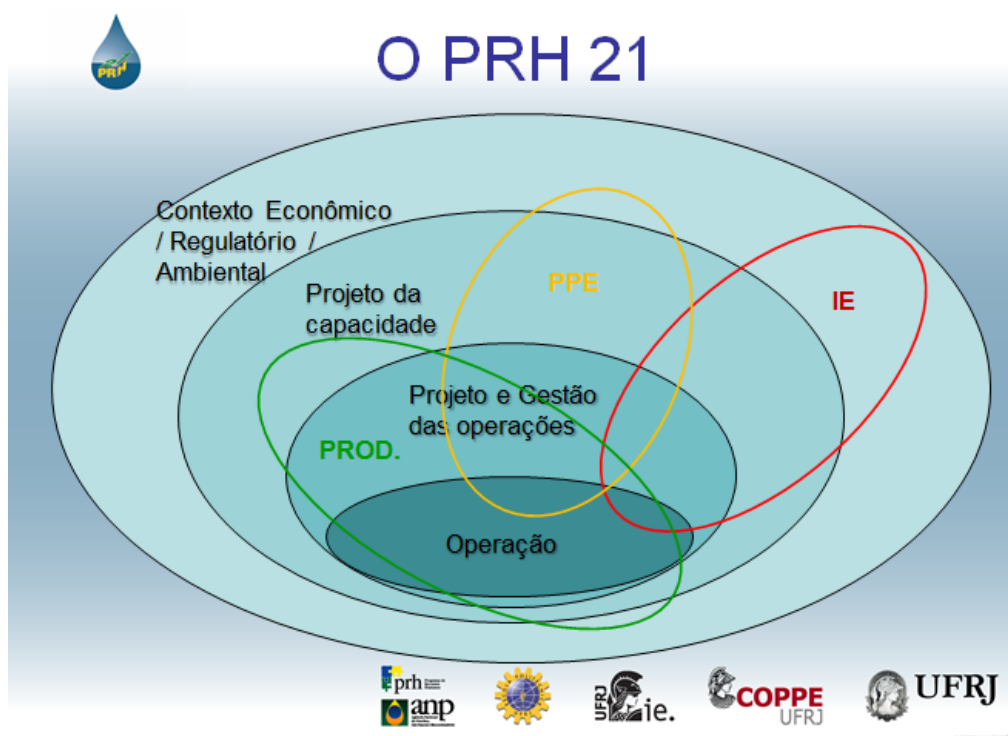
Economia se encarrega de contribuir com conhecimentos relacionados ao contexto econômico, regulatório e ambiental, prevendo duas ênfases: economia do petróleo e gás (graduação, mestrado e doutorado); e petróleo e gás (mestrado e doutorado). As linhas de pesquisa envolvem política energética e marcos regulatórios, indústrias de rede, transportes e combustíveis, estratégias empresariais e dinâmica das indústrias de energia.

O Programa de Planejamento Energético da Coppe, por sua vez, é o responsável pelos conhecimentos de planejamento ambiental e energético voltados para projetos de capacidade para o setor, atuando nos níveis de mestrado e doutorado nas seguintes linhas de pesquisa: desenvolvimento de modelos para o planejamento energético; estudos das reformas institucionais do setor energético; regulação dos mercados energéticos; uso racional de energia elétrica e de derivados de petróleo; desenvolvimento e aplicação de metodologias de avaliação de impactos ambientais; indicadores energéticos e ambientais; desenvolvimento e aplicação de metodologias de avaliação de custos ambientais; gestão, qualidade e auditoria ambiental; inventário de emissões de gases de efeito estufa; estudo das emissões de metano e de dióxido de carbono por parte de usinas hidrelétricas; avaliação dos custos de abatimento de gases de efeito estufa; fontes alternativas; uso do solo e da biomassa; e ecologia industrial.

No campo da engenharia de produção, o PRH-21 pretende dar conta das questões de projeto, gestão de operações, além daquelas operacionais propriamente ditas. Se, por um lado, na engenharia de produção da Poli-UFRJ, o curso tem como ênfase petróleo e gás natural, no mestrado e doutorado em engenharia de produção da Coppe, a ênfase recai na pesquisa operacional aplicada a estes setores. Como contraponto, o curso de engenharia de petróleo da Poli-UFRJ tem como ênfase a gestão. Em síntese, as linhas de pesquisa nestes cursos contemplam: gestão de reservatórios de petróleo e gás; gestão de operações e logística em óleo e gás; modelagem quantitativa aplicada a óleo e gás; comportamento dos preços do petróleo no mercado internacional; ergonomia de sistemas complexos e engenharia de resiliência na indústria de petróleo; análise econômico-financeira de empresas do setor petrolífero; economia do petróleo; análise técnico-econômica de sistemas submarinos; gestão de pessoas, conhecimento, empreendedorismo; e responsabilidade social no setor petróleo, gás e biocombustíveis. A figura seguinte ilustra a concepção interdisciplinar que deu origem ao Programa:



Figura. Modelo Conceitual do PRH-ANP-21



Fonte: Anais da RAA - PRH-ANP (2014)

Os docentes entrevistados assinalaram que apesar de ser compartilhado entre diferentes departamentos e unidades da universidade, o PRH-21 funciona muito bem. Eles estabeleceram um sistema de revezamento na função de coordenação do Programa, o que permite o maior conhecimento sobre o mesmo e o domínio em relação às condições do seu funcionamento, ampliando as possibilidades de encaminhamento e resolução de eventuais problemas. O relacionamento com a ANP foi considerado muito bom, em que pesem algumas dificuldades de suporte administrativo dedicado na universidade para a realização e o acompanhamento adequado das atividades do Programa, ainda que o pressuposto para a assinatura do convênio seja de que este suporte é a contrapartida esperada da universidade. Os relatórios solicitados pela Agência são muitos e a participação na RAA exige intensa preparação do coordenador, do pesquisador visitante e dos bolsistas. Outra dificuldade apontada foi o acompanhamento de egressos durante o período de três anos que, embora

reconhecido como importante, pode ser realizado com mais ou menos dificuldade, dependendo da estrutura de suporte administrativo em cada um dos cursos e programas envolvidos. O relacionamento com a Petrobras também foi considerado muito bom.

Dentre os principais resultados do PRH-21, os docentes apontaram a ampliação das atividades de pesquisa e ensino na universidade. Um exemplo foi a criação em 2000 do Grupo de Economia da Energia (GEE) no IE, que visa desenvolver estudos sobre a realidade brasileira voltados para a evolução tecnológica, organizacional e institucional das indústrias e mercados de energia, inclusive por meio de novas parcerias. Outro exemplo citado foi a criação em 2004 do curso de engenharia de petróleo na Escola Politécnica, fruto de sua parceria com a Coppe e a EQ, dado o seu caráter interdisciplinar. Este foi o primeiro curso oferecido na cidade do Rio de Janeiro e o segundo no estado, distinguindo-se do curso pioneiro de engenharia de exploração e produção de petróleo da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) - que surgiu em 1993 - por dirigir-se menos à exploração e mais à produção, ou seja, à engenharia propriamente dita.

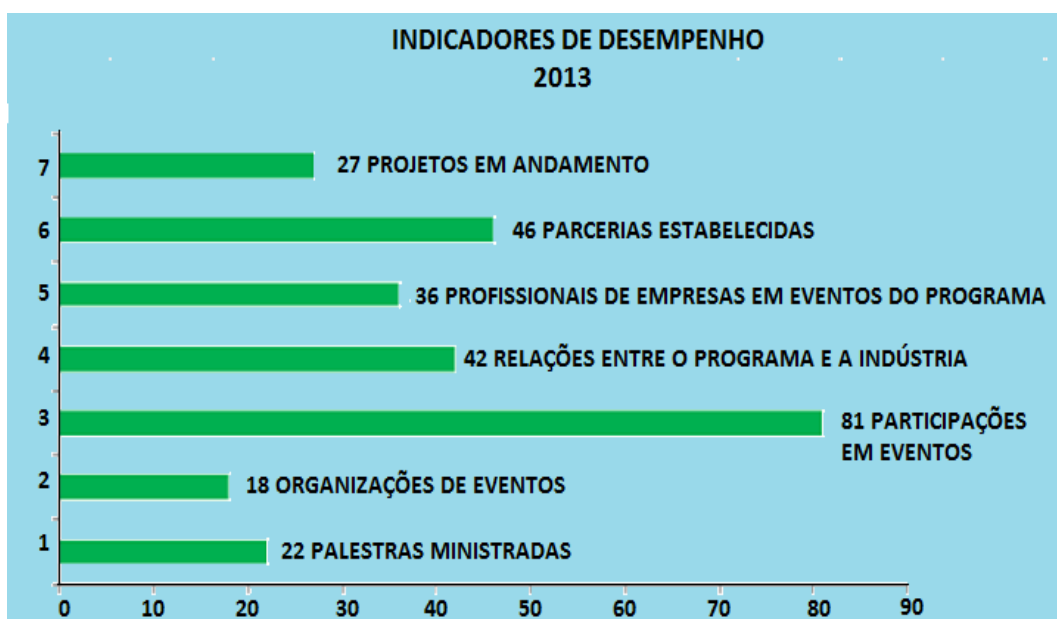
Segundo o coordenador do curso de engenharia de petróleo, além de contar com a tradição em engenharia da universidade, o curso está posicionado estrategicamente próximo ao Cenpes e às empresas sediadas no Parque Tecnológico da UFRJ que, instalado em 2003, vem favorecendo as interações com a indústria. Ele acrescentou que o nascimento do curso representou o desejo de consolidação da aprendizagem acumulada na universidade sobre o setor petrolífero. A ideia surgiu em 2001 e efetivou-se sobretudo em decorrência da experiência adquirida no PRH-21, fato reconhecido pelos outros docentes deste Programa entrevistados.

O PRH-21 também levou ao aumento do número de trabalhos de iniciação científica, dissertações e teses, bem como de publicações docentes e discentes, além do aumento de sua participação em eventos no Brasil e no exterior, que pode ser financiada com a taxa de bancada do Programa. Surgiram também novos temas e projetos de pesquisa, os quais puderam contar com um número maior de docentes e discentes envolvidos e a alta empregabilidade dos egressos no setor assinalada pela ANP foi confirmada pelos docentes entrevistados. Além dos trabalhos, publicações e da participação em eventos, as interações com as empresas do setor foram destacadas por meio dos vários projetos e parcerias que vêm sendo estabelecidos e do intercâmbio de docentes e profissionais através de palestras, visitas



técnicas e demais eventos. Alguns desses resultados foram quantificados e encontram-se sintetizados a seguir:

**Gráfico 2 - Indicadores de Desempenho do PRH-ANP-21 em 2013**



Fonte: Anais da RAA - PRH-ANP (2014)

Como assinalou na entrevista o coordenador do PRH-21, o fator crítico para o sucesso do PRH-ANP foi conseguir canalizar um conjunto de recursos para iniciativas estruturadas em torno de um tema e inovar em relação aos mecanismos tradicionais de fomento como a Capes e o CNPq pelo foco na graduação e pela oferta de bolsas de valor mais alto. O Programa promoveu uma renovação na universidade, hoje está consolidado e a expectativa é de continuidade. O tema petróleo encontra-se disseminado nas engenharias da UFRJ em razão da cooperação de longa data com a Petrobras e da adesão maciça dos cursos e programas ao PRH-ANP, que abrange praticamente todas as engenharias, sobretudo depois da criação do PFRH da Petrobras, que permitiu o apoio financeiro ao PRH-ANP e a criação de novos programas como o PRH-PB-219, abrangendo também a engenharia elétrica.

No campo da engenharia de produção, o PRH-21 se propõe a lidar com as questões de projeto e gestão de sistemas complexos e de operações que exigem produtividade alta em ambientes de risco que envolvem instalações com requisitos rigorosos de segurança e equipamentos de valor financeiro considerável. A perspectiva ampla, sistêmica e



interdisciplinar deste campo é reforçada pela perspectiva interdisciplinar do Programa, que agrega conhecimentos sobre o contexto econômico, regulatório e ambiental e os projetos de capacidade para o setor. E por ser interdepartamental, o Programa estimula a cooperação no âmbito interno da universidade, além de ter o fortalecimento de seus vínculos com a indústria como um de seus principais objetivos e resultados alcançados.

#### **4 Considerações Finais**

Distinguindo-se da característica de baixa interação entre a academia e a indústria que prevalece em países com SNI incompletos como o Brasil, o sistema de inovação petrolífero alinha-se à tendência internacional de cooperação com universidades para o ensino e a pesquisa de novos equipamentos, sistemas, instalações e tecnologias. Assim, o ensino de engenharia voltado para o setor foi constituído e avançou no país a partir dos relacionamentos e vínculos da Petrobras com as universidades, acompanhando os desafios de formação e tecnológicos da empresa, que se confundem com a origem e evolução do próprio setor até a mudança institucional que marcou a sua abertura, a expansão do mercado de trabalho e a criação da ANP e do PRH-ANP.

A UFRJ se destaca no cenário fluminense e nacional pelo grande número de programas de formação em engenharia com ênfase no setor, dentre os quais o PRH-21, que agrega à formação em engenharia de produção as perspectivas mais amplas da economia e do planejamento energético em uma proposta interdisciplinar e interdepartamental. Apesar de compartilhado entre diferentes unidades da universidade, o Programa funciona muito bem por manter a cooperação como eixo central, tanto no âmbito interno, como no âmbito das interações com a ANP, a Petrobras e as outras empresas do setor. Os resultados e benefícios incluem o fortalecimento da academia brasileira e de seus vínculos com a indústria, o avanço na produção de conhecimentos científico-tecnológicos voltados para a indústria e a alta empregabilidade dos egressos, confirmando o sucesso de mais de 15 anos do PRH-ANP. O surgimento do Grupo de Economia da Energia no Instituto de Economia e do curso de engenharia de petróleo na Escola Politécnica são exemplos deste sucesso.

Do ponto de vista da formação, a aproximação entre a academia e a indústria incorporada aos objetivos do PRH-21 se concretiza na maior atenção dada aos bolsistas



pelos pesquisadores visitantes, nas aulas de campo e visitas técnicas, nas palestras e seminários que contam com profissionais da indústria e no financiamento da participação dos bolsistas em eventos nacionais e internacionais, inclusive na RAA promovida pela ANP. Inspirar-se na visão crítica da academia e na preocupação com a qualidade dos projetos e absorver da indústria a preocupação com prazos e custos é uma aprendizagem fundamental para os estudantes de engenharia de produção, sobretudo aqueles que se tornam especialistas em petróleo por desejarem trabalhar neste setor complexo e promissor. Os Programas de Formação de Recursos Humanos da ANP e da Petrobras têm esta proposta de aproximação e por isso constituem referências importantes para o ensino de engenharia no país.





## Referências Bibliográficas

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (2014). PRH-ANP-21. Descrição Geral. *Reunião Anual de Avaliação dos Programas de Recursos Humanos da ANP* [CD]. Rio de Janeiro : ANP.

Alonso, P. S. R. *Resultados do PROMINP*. [Slides do 10º Encontro Nacional do PROMINP]. Rio de Janeiro : PROMINP, 2013. Disponível em: <[http://www.prominp.com.br/sobre\\_o\\_prominp/encontros\\_nacionais\\_do\\_prominp](http://www.prominp.com.br/sobre_o_prominp/encontros_nacionais_do_prominp)>. Acesso em: 10 abr. 2015.

Bittencourt, P. F. (2012). Padrões setoriais de aprendizagem da indústria brasileira: uma análise exploratória. *Revista Brasileira de Inovação*, 11(1), 37-68.

Britto, J. & Oliveira, B. F. (2011). Padrões setoriais de interação universidade-empresa no Brasil: um mapeamento de competências a partir de informações da pesquisa “Brazil Survey” *Revista de Economia* 37(4), 167-212.

Campos, B. & Ruiz, A. U. (2009). Padrões setoriais de inovação na indústria brasileira. *Revista Brasileira de Inovação*, 8(1), 167-210.

Cardoso, L. C. (2012). *Petróleo: do poço ao posto*. Rio de Janeiro : Qualitymark.

De Negri, F.; Cavalcante, L. R.; Alves, P. F. (2013). *Relações universidade-empresa no Brasil: o papel da infraestrutura pública de pesquisa* [Texto para Discussão nº 1901]. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília : Brasil.

Ferreira, M. L. A. (2010). *A engenharia e a educação em engenharia no Brasil da colonização aos desafios do século XXI: a trajetória do Sistema Nacional de Inovação* (Dissertação de mestrado). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

\_\_\_\_\_. (2015). *Formação e capacitação em engenharia no setor de petróleo: a cooperação entre ANP, Petrobras e universidades do estado do Rio de Janeiro* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Figueiredo, P. N. (2012). *Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil*. Rio de Janeiro : LTC.

Fleury, A. (2008). O que é engenharia de produção? In: M. O. Batalha (Org.). *Introdução à engenharia de produção*, (pp. 1-10). Rio de Janeiro : Elsevier.



Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. London : Pinter Publishers.

\_\_\_\_\_. (1995). The National System of Innovation in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 5-24.

Freitas, I. M. B.; Marques, R. A. & Silva, E. M. P. (2013). University-industry collaboration and innovation in emergent and mature industries in new industrialized countries. *Research Policy*, 42(2), 443-453.

Garcia, R.; Araújo, V. C.; Mascarini, S. & Santos, E. G. (2011). Os efeitos da proximidade geográfica para o estímulo da interação universidade-empresa. *Revista de Economia* 37(4), 307-329.

Iarozinski Neto, A. & Leite, M. S. (2010). A abordagem sistêmica na pesquisa em engenharia de produção. *Production*, 20(1), 1-14.

Lundvall, B. A. (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: G. Dosi; C. Freeman; R. R. Nelson; G. Silverberg & L. Soete (Eds.), *Technical change and economic theory* (pp. 349-369). London : Pinter Publishers.

\_\_\_\_\_. (1992). *National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter, London.

\_\_\_\_\_. (2002). *The university in the learning economy*. Working Paper nº 02-06. Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID). Aalborg, Denmark.

\_\_\_\_\_. (2007). *Higher education, innovation and economic development*. Paper to be presented at the World Bank's Regional Bank Conference on Development Economics, Beijing, January 16-17.

Lundvall, B. A.; Johnson, B.; Andersen, E. S. & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 31(2), 213-231.

Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247-264.

\_\_\_\_\_. (2003). Sectoral systems and innovation and technology policy. *Revista Brasileira de Inovação*, 2(2), 329-375.



\_\_\_\_\_. (2007). Innovation and the dynamics and evolution of industries: progress and challenges. *International Journal of Industrial Organization*, 25(4), 675-699.

Morais, J. M. (2013). *Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore*. Brasília : Ipea : Petrobras.

Nelson, R. R. (1992). National innovation systems: a retrospective on a study. *Industrial and Corporate Change*, 1(2), 347-374.

\_\_\_\_\_. (Ed.). (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. New York : Oxford University Press.

Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373.

Petróleo Brasileiro SA (Petrobras) (2013). DRH Petrobras: uma história de sucesso. [Livro]. Petrobras Recursos Humanos. Universidade Petrobras, 2 ed. Rio de Janeiro : Petrobras.

Ramos, R. R. & Ferreira, M. L. A. (2014, agosto). Parcerias tecnológicas universidade-empresa: um estudo de caso nas Redes Temáticas da Petrobras. *Anais do X Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, Rio de Janeiro, Brasil.

Righi, H. M.; Rapini, M. S. (2011). Metodologia e apresentação da base de dados do Censo 2004 do Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). In: W. Suzigan; E. M. Albuquerque & S. A. F. Cario (Orgs.), *Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil* (pp. 45-72). Belo Horizonte : Autêntica Editora.

Salter, A. J. & Martin, B. R. (2001). The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. *Research Policy*, 30(3), 509-532.

Shima, W. T. & Scatolin, F. D. (2011). Uma comparação entre a percepção das universidades/institutos de pesquisa e das empresas sobre o processo de interação. *Revista de Economia*, 37(4), 25-50.

Suzigan, W. & Albuquerque, E. M. (2011). A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil. In W. Suzigan; E. M. Albuquerque & S. A. F. Cario (Orgs.), *Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil* (pp. 17-43). Belo Horizonte : Autêntica Editora.



Turchi, L. M.; De Negri, F.; De Negri, J. A. (Orgs). (2013). *Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades, centros de pesquisa e firmas brasileiras*. Brasília : Ipea : Petrobras.

Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre : Bookman.