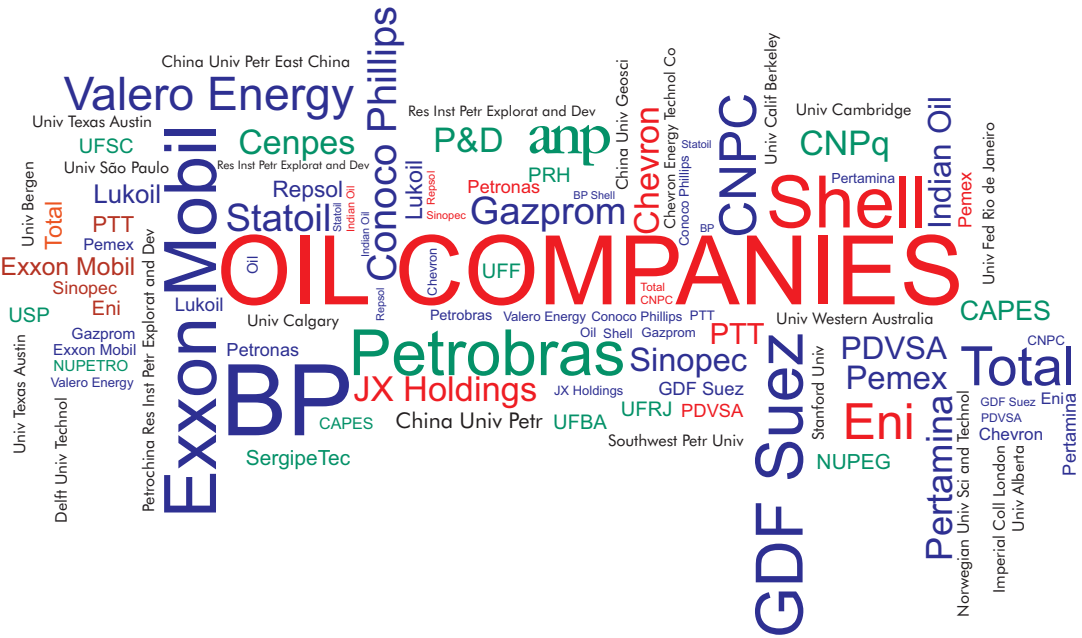
EMPRESAS PETROLÍFERAS

e a fronteira mundial em

CIÊNCIA & TECNOLOGIA



Organizadores

Fernanda De Negri
João Alberto De Negri
Marcelo Neri

FGV SOCIAL
CENTRO DE POLÍTICAS SOCIAIS

BR PETROBRAS

anp
Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

SYNERGIA EDITORA

Este livro tem o objetivo de analisar as estratégias de pesquisa e desenvolvimento da Petrobras e como elas se relacionam com a fronteira mundial da ciência e tecnologia. Organizamos uma base de dados inédita sobre os registros de patentes e artigos científicos fomentados na cadeia de produção. A partir da caracterização das mais de 130 mil patentes depositadas pelas dez maiores empesas petroleiras nos últimos 20 anos, buscou-se direções sobre quais tecnologias estão efetivamente sendo produzidas por essas empresas e de como tem se movido a fronteira de conhecimentos nesse setor.

Análise de cluster com base em métodos de processamento de linguagem natural não sugere mudança nas estratégias tecnológicas das grandes empresas em direção à novas fontes de energia ou a tecnologias mais sustentáveis. Isso é corroborado pela estagnação das chamadas “patentes verdes”. Por outro lado, o uso de inteligência artificial, tem crescido de forma sustentada nos últimos anos, especialmente na área sísmica.

A análise das redes de pesquisadores fomentados pelas maiores petroleiras do mundo sugerem artigos com mais novidades científicas tendem a ser mais citados independentes da idade de publicação. Há liderança dos pesquisadores de origem chinesa. O perfil da produção científica brasileira é ainda muito heterogêneo. O crescimento em quantidade de artigos científicos publicados não foi acompanhado pela qualidade das publicações. Os resultados mostram um impacto positivo relevante da Petrobras sobre a produção científica no Brasil. O estudo dos fornecedores mostra que as empresas brasileiras do setor de petróleo e gás tem capacitação tecnológica a nível internacional em tecnologias de exploração Entretanto, pesquisa de campo nossa com pesquisadores vinculados aos projetos da Petrobras, mostrou crescente obsolescência dos equipamentos nos últimos 5 anos,

A análise DEA da gestão projetos de pesquisa e desenvolvimento da Petrobras revelam características únicas que os diferenciam de outros tipos de investimentos. A relevância das empresas spin-offs é buscada através de empresas startups pela Petrobras, mas se revela ainda limitada assim como os chamados parques tecnológicos.

EMPRESAS PETROLÍFERAS

e a fronteira mundial em

CIÊNCIA & TECNOLOGIA

EMPRESAS PETROLÍFERAS

e a fronteira mundial em

CIÊNCIA & TECNOLOGIA

Organizadores

Fernanda De Negri
João Alberto De Negri
Marcelo Neri

Janeiro de 2023

FGV SOCIAL
CENTRO DE POLÍTICAS SOCIAIS

BR PETROBRAS

anp Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

SYNERGIA EDITORA

Copyright © 2023 Fernanda De Negri, João Alberto De Negri e Marcelo Neri (Organizadores)
Todos os direitos desta edição reservados à Synergia Editora

Editor Jorge Gama
Editora assistente Isabelle Assumpção
Assistente de Produção Rejane Santos

Capa Equipe Synergia
Diagramação Flávio Meneghesso
Revisão Equipe Synergia

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ
Camila Donis Hartmann - Bibliotecária - CRB-7/6472

E55

Empresas petrolíferas e a fronteira mundial em ciência e tecnologia / organização Fernanda De Negri, João Alberto De Negri e Marcelo Neri. - 1. ed. - Rio de Janeiro : Synergia, 2023.
336 p. : il. ; 16cm x 23cm.

ISBN: 978-65-86214-89-5

1. Engenharia. 2. Engenharia do petróleo. 3. Petróleo e gás natural. I. De Negri, Fernanda. II. De Negri, João Alberto. III. Neri, Marcelo. IV. Título.

CDU: 620.92

SYNERGIA EDITORA

Livros técnicos, científicos e profissionais

Tel.: (21) 3449-3200 | (21) 96627-4322
www.synergiaeditora.com.br / comercial@synergiaeditora.com.br

Apresentação

Em que medida a Ciência e tecnologia das empresas de petróleo é nossa? São muitos os desafios tecnológicos enfrentados no processo de prospecção, exploração e produção de petróleo. Esses desafios vão desde a procura por novos reservatórios, o que implica conhecimentos e tecnologias sofisticadas de análises sísmicas e geológicas até o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de extração do óleo, o que em grande medida depende da complexidade do reservatório.

Outros desafios se colocam para as empresas do setor, especialmente relacionados com a redução de emissões e com a sustentabilidade ambiental da produção de petróleo. Em paralelo, novas tecnologias da informação, tais como *big data* e Inteligência Artificial, tem o potencial de aumentar a eficiência do setor, especialmente na prospecção e exploração de novos reservatórios. Por fim, nas últimas décadas, as empresas do setor têm sofrido pressão da sociedade por redução de emissões e por uma produção mais sustentável de energia, ao lado da emergência das petroleiras chinesas como players importantes no setor.

Não por acaso que os investimentos em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) na área de energia têm crescido substantivamente, muito impulsionados pelo setor público. Os investimentos públicos em pesquisas energéticas estão fortemente concentrados nos países da América do Norte e Europa, além da China. Segundo a IEA (International Energy Agency), mais de 80% desses investimentos foram direcionados para energias renováveis, captura e armazenamento de carbono, eficiência energética e tecnologias de baixo carbono, tais como hidrogênio ou energia nuclear.

Este livro é resultado de um projeto de pesquisa desenvolvido pela FGV Social em parceria com o Cenpes/Petrobras e tem o objetivo de analisar as estratégias de pesquisa e desenvolvimento da Petrobras e como essas estratégias se relacionam com a fronteira mundial da ciência e tecnologia impulsionada pelas maiores petroleiras do mundo. Para fazer isso este livro organizou uma base de dados inédita e detalhada sobre os registros de patentes e artigos científicos fomentados na cadeia de produção pela Petrobras e pelas dez maiores petroleiras mundiais nos últimos 20 anos.

O primeiro Capítulo trata das estratégias tecnológicas das empresas petroleiras baseada nas evidências sobre as patentes registradas no mundo pelas grandes empresas do setor. Nesse capítulo, são discutidas as principais tendências tecnológicas do setor nos últimos anos, bem como a emergência das petroleiras chinesas como *players* importantes, tanto na exploração quanto na produção de tecnologias para o setor. A partir da caracterização das mais de 130 mil patentes depositadas pelas dez maiores empesas petroleiras nos últimos 20 anos, buscou-se algumas pistas sobre quais tecnologias estão efetivamente sendo produzidas por essas empresas e, portanto, de como tem se movido a fronteira tecnológica mundial nesse setor.

As patentes das petroleiras estão concentradas em alguns campos tecnológicos principais, entre os quais: (i) química dos materiais básicos; (ii) engenharia civil; (iii) química fina orgânica; (iv) química macromolecular e polímeros. Essas são as áreas de 60% das patentes depositadas pelas dez grandes petroleiras. O crescimento da participação das chinesas na atividade de patenteamento fez crescer a participação de patentes em engenharia civil, campo de especialidade da CNPC (China National Petroleum Corporation).

Uma análise de *cluster* com base em métodos de processamento de linguagem natural mostrou uma preponderância da atividade de patenteamento em tecnologias de exploração e produção assim como em catalizadores, áreas que representam desafios tecnológicos tradicionais do setor de petróleo. Ou seja, a partir da análise das patentes, não parece haver uma mudança nas estratégias tecnológicas das grandes empresas em direção à novas fontes de energia ou a tecnologias mais sustentáveis. Isso é corroborado pela participação das chamadas "patentes verdes" no total das patentes depositadas pelas empresas. Por outro lado, a utilização de Inteligência Artificial, embora ainda represente muito pouco do total das patentes (menos de 5%), tem crescido de forma sustentada nos últimos anos, especialmente na área sísmica.

O segundo Capítulo analisa a Petrobras e a Ciência no Brasil. Neste capítulo ressalta-se que o perfil da produção científica brasileira de artigos em revistas

acadêmicas é ainda muito heterogêneo. O crescimento em quantidade de artigos científicos publicados não foi acompanhado pelo crescimento qualitativo mensurado por meio de diversos fatores de impacto das publicações. A ciência e tecnologia brasileira são fortemente influenciadas pelos investimentos em pesquisa que são realizados na cadeia de petróleo e gás. No período de 2018-2020, no Brasil, havia 18 empresas petrolíferas que possuíam participação nos campos produtores de petróleo e gás natural e que geraram obrigações de investimentos em PD&I regulado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) que somaram mais de R$ 4 bilhões.

A análise dos 817.460 CVs (Curriculum Vitae) da Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e dos registros de 5.418.228 artigos em revistas com ISSN e indexadas na Plataforma Sucupira da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) encontrou que havia 7.635 pesquisadores que possuem vínculos com a Petrobras sendo que 4.313 que são mestres e doutores. A maior parte dos pesquisadores mestres e doutores que possuem projetos de pesquisa financiados pela Petrobras tem formação de pós-graduação nas grandes áreas de conhecimento de engenharias e ciências exatas e da terra.

Os resultados mostram um impacto positivo e fortemente relevante da atuação da Petrobras sobre a produção científica no Brasil. A idade acadêmica dos pesquisadores financiados pela Petrobras é 31 anos. A idade acadêmica é estimada por meio da contagem de anos após a formação universitária do pesquisador até 2020. Os demais pesquisadores brasileiros têm idade acadêmica de 25 anos. Os pesquisadores que têm projetos vinculados com a Petrobras têm em média 63 coautores nas suas publicações indexadas. A quantidade de publicações individuais de artigos indexados em A1 e A2 para os pesquisadores que tem projetos com Petrobras é de 12,69 em média. Para os pesquisadores vinculados diretamente ao Centro de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Migues de Mello (Cenpes) a média de publicação A1 e A2 sobe para 16,85. Os demais pesquisadores brasileiros publicaram em média apenas 3,15 de artigos com esta classificação. Foram registradas 2.967 patentes de pesquisadores financiados pela Petrobras sendo que 1.041 dessas patentes são de pesquisadores diretamente vinculados ao Cenpes.

A cadeia produtiva e as características dos fornecedores de bens e serviços da Petrobras foram analisadas no Capítulo 3. O estudo dos fornecedores mostra que as empresas brasileiras do setor de petróleo e gás tem capacitação tecnológica a nível internacional em determinadas tecnologias de exploração. Isso só foi possível através do pioneirismo e da quantidade de conhecimento

e *spillover* gerados na fronteira da evolução do processo produtivo do setor. A atuação da Petrobras foi chave nesta cadeia produtiva. Muitas dessas empresas internalizaram as competências para o desenvolvimento das tecnologias necessárias para lidar com as idiossincrasias locais, e grande parte do êxito decorreu de ações diretas ou indiretas da Petrobras e da sua área de P&D, em particular da atuação do Cenpes no processo de desenvolvimento de tecnologias. A Petrobras mobilizou toda uma cadeia de parcerias, tanto voltadas para o P&D quanto em suas relações produtivas de fornecedor-cliente. As necessidades tecnológicas da Petrobras, na cadeia de fornecimento, exigiram de alguma forma que esse processo de desenvolvimento de tecnologias se propagasse para além das fronteiras da empresa.

O Capítulo 4 entrevistou 266 pesquisadores vinculados aos projetos da Petrobras. A maior parte dos pesquisadores apontou que há obsolescência dos equipamentos, juntamente com a queda nos investimentos em modernização e ampliação nos últimos 5 anos e apontou para o que pode ser um problema para a infraestrutura de pesquisa no setor de petróleo num futuro próximo. A desatualização dessa infraestrutura pode comprometer a capacidade científica e tecnológica instalada no país. Cerca de 31% dos entrevistados afirmaram que os gargalos apontados foram os responsáveis pela perda de oportunidades de pesquisa, editais ou projetos com empresas. Parte deles afirmou que não foram capazes de realizar projetos com a Petrobras em virtude desses gargalos. É possível concluir também que existe um espaço significativo de melhoria de gestão desses projetos, de forma a torna-los mais eficientes e flexíveis e de forma a possibilitar uma melhor avaliação dos resultados concretos obtidos pelos projetos apoiados pela Petrobras.

O Capítulo 5 analisa as redes de pesquisadores fomentados pelas maiores petroleiras do mundo utilizando os dados dos artigos científicos registrados na *WoS (Web of Science)* que foram fomentados pelas dez maiores petroleiras mundiais e os dados dos 20 mil artigos mais citados.

As 10 maiores petroleiras do mundo fomentaram 39.493 artigos publicados em inglês em 3.761 revistas científicas no período de 11 anos. Os artigos publicados têm em média 5,08 anos de tempo de publicação, foram citados 17,14 vezes em média no período, o que representou 2,43 vezes por ano. As referências bibliográficas destes artigos somaram 60.043 e os autores usaram 56.683 palavras chaves para caracterizar o conteúdo da publicação científica. As petroleiras fomentaram artigos que foram publicados por 113.240 autores. A maior parte destes autores publicou em coautoria com outros autores. Apenas 562 autores dos artigos analisados foram de autoria única e estes

autores publicaram 793 artigos. Em média, cada artigo contou com 2,87 autores sendo 5,57 coautores por artigo com um índice de colaboração de 2,91.

A produção de artigos científicos fomentada pelas petroleiras no período 2010-2020 apresentam algumas diferenças significativas quando comparado com os 20 mil artigos científicos mais citados no período 2015-2020. Estes artigos foram publicados em 2.120 revistas científicas, um número menor de revistas científicas quando comparado com os locais aonde foram publicados os artigos apoiados pelas petroleiras. Apesar da similaridade dos anos médios de publicação entre os dois grupos analisados, a média de citação dos 20 mil artigos mais citados é significativamente superior. Em média eles foram citados 323,60 vezes no período, o que representa 59,48 vezes por ano. O número de autores que publicaram os 20 mil artigos mais citados é de 176.268, superior ao número de autores dos artigos fomentados pelas petroleiras. Apenas 375 artigos tiveram autoria única, o número de autores por documentos foi de 8,94 e de coautores foi de 13,90, com um índice de colaboração de 9,09.

O impacto médio dos artigos fomentados pelas petroleiras, quando mensurado pelas citações depende mais do tempo de publicação do que do conteúdo do artigo. Os artigos com mais novidades científicas tendem a ser mais citados independentes da idade de publicação. Há liderança dos pesquisadores de origem chinesa. Esta tendência é observada em todas as áreas científicas no mundo e também foi observada nos artigos fomentados pelas maiores petroleiras mundiais. Os pesquisadores dos EUA fomentados pelas petroleiras também têm uma liderança científica especialmente importante na publicação de artigos em inglês na *WoS*.

O Capítulo 6 discute a importância da gestão da inovação e da avaliação de portfólio de P&D nas grandes empresas e apresenta algumas ferramentas de gestão da inovação utilizadas pelas grandes empresas petrolíferas ao redor do mundo. Também apresenta a evolução e o amadurecimento institucional da Petrobras, ao longo das quatro gerações de modelos de gestão da P&D e da inovação na empresa. Os novos processos de gestão implementados permitem um acompanhamento mais rotineiro do andamento e dos resultados dos projetos. Existe ainda, espaço para avançar em técnicas e metodologias de avaliação de resultados e de custo-efetividade. Para isso, é fundamental a integração de informações de diversas fontes e o contínuo aprimoramento dos indicadores de monitoramento utilizados.

O Capítulo 7 aplica o modelo matemático DEA (*Data Envelopment Analysis*) para análise da gestão projetos de pesquisa e desenvolvimento da Petrobras. Esses projetos possuem características únicas que os diferenciam de outros

tipos de investimentos. Estas especificidades devem ser levadas em conta em uma avaliação de eficiência adequada. A análise de eficiência utilizando DEA permitiu identificar que os retornos de escala dos projetos de P&D são constantes. Aplicamos três diferentes modelos de eficiência, considerando as especificações orientada a insumos e minimização de custos, resultando em seis diferentes medidas de eficiência. Essas medidas de eficiência foram unificadas para representação gráfica através de distribuição de frequência, *splines* e fronteira de eficiência. Verificamos que o nível de eficiência aumenta juntamente com o nível de maturidade comercial (CRL) e o nível de maturidade tecnológica (TRL). A análise envoltória de dados (DEA) permitiu identificar também quais os gestores estão associados aos projetos de melhor eficiência

Identificamos uma relação de não linearidade entre os custos e a eficiência unificada dos projetos, onde apesar da não linearidade é possível identificar que maiores custos estão associados a menores eficiências. A distribuição das eficiências unificadas mostra que uma grande simetria, na qual os projetos implantados apresentam eficiências mais concentradas à direita. Considerando os valores médios, observamos que as tipologias associadas às maiores eficiências são "Estudo e Caracterização", seguida de "Processo e Metodologia", e que as melhores eficiências são encontradas nos processos em implementação e em execução.

O conceito e a relevância das empresas *spin-offs* na economia e no setor de petróleo e gás é debate trazido pelo Capítulo 8. Além da discussão conceitual sobre empresas *spin-offs*, aplicou-se uma metodologia de busca de empresas *startups* que permitiu identificar, entre os sócios dessas empresas, os pesquisadores que participaram de projetos de pesquisa com a Petrobras e os pesquisadores brasileiros com currículos cadastrados na plataforma Lattes. A conclusão é que a geração de empresas de base tecnológica a partir de conhecimentos e projetos de pesquisa estimulados ou desenvolvidos pela Petrobras ainda é muito limitada. Embora a Petrobras possua programas específicos para o desenvolvimento de sua cadeia de fornecimento, esses programas são historicamente voltados à melhoria da qualidade e da eficiência dos fornecedores já instalados e não na criação de novas empresas, *startups* ou empresas de base tecnológica.

O Capítulo 9 avalia os parques tecnológicos e a atuação da Petrobras. Nas últimas décadas foram implementadas diversas políticas públicas visando promover o estabelecimento de parques tecnológicos, com objetivo final de apoiar o desenvolvimento de empresas de base tecnológica, estimulando a inovação tecnológica e a prosperidade econômica. No entanto, mesmo após a

proliferação mundial de parques científicos, ainda não foram completamente compreendidos os mecanismos que conectam os parques tecnológicos com o desenvolvimento econômico e a inovação tecnológica. Este estudo apresenta uma contribuição para o tema, considerando os parques tecnológicos com presença de pesquisadores apoiados pela Petrobras. Analisamos a produção acadêmica de pesquisadores que possuem vínculos simultâneos com projetos da Petrobras e com parques tecnológicos no Brasil, comparando com os demais pesquisadores. Observamos que existe uma baixa interseção entre pesquisadores com vínculos em parques tecnológicos e pesquisadores ligados aos projetos de pesquisa da Petrobras. Entretanto, substrato de pesquisadores apresenta produção acadêmica superior, principalmente quando consideramos artigos A1 e A2 em áreas de conhecimento como Engenharias ou Ciências Exatas. Os pesquisadores vinculados aos parques tecnológicos apresentam boa *performance* também nos indicadores que reassentam cooperação entre universidade e empresas. Concluímos que apesar das iniciativas já existentes envolvendo cooperação entre universidades e Petrobras, existe ainda bastante espaço para expansão da presença da Petrobras em parques tecnológicos, seja por meio de apoio direto aos pesquisadores, seja de parcerias com as universidades ou diretamente os parques tecnológicos.

Os parques tecnológicos têm sido objeto de debate sobre a intensidade da sua eficácia no apoio à inovação empresarial e no incentivo ao estabelecimento de vínculos entre empresas e universidades. Mesmo após a proliferação mundial de parques científicos e tecnológicos, ainda existem lacunas não respondidas a respeito dos mecanismos que conectam os parques tecnológicos com o desenvolvimento econômico regional e a inovação tecnológica. A literatura ressalta um maior envolvimento das universidades nos parques amplifica a transferência de conhecimento científico, influenciando no registro de patentes. Além disso, é preciso considerar que diferentes tipos de parques podem ter diferentes missões, objetivos, e níveis de comprometimento com os parques tecnológicos.

Neste estudo procuramos contribuir para a literatura ao analisar a produção acadêmica dos pesquisadores presentes em parques tecnológicos, e comparando-os com os pesquisadores que também foram apoiados por projetos da Petrobras. Observamos que existe uma baixa interseção entre pesquisadores presente em parques tecnológicos e aqueles pesquisadores apoiados por projetos de pesquisa da Petrobras. Entretanto, tal substrato de pesquisadores apresenta produção acadêmica superior dos demais pesquisadores, principalmente quando consideramos artigos A1 e A2 nas áreas de conhecimento de Engenharias e Ciências Exatas. Os pesquisadores vinculados aos parques tec-

nológicos também apresentam boa *performance* nos indicadores de integração entre universidade-empresa.

Na área de Engenharias e Ciências Exatas, os pesquisadores financiados pela Petrobras e com vínculos em parques tecnológicos possuem maior produtividade que os pesquisadores financiados pela Petrobras fora de parques tecnológicos. Assim concluímos que presença de pesquisadores apoiados pela Petrobras pode estar impulsionando a maior produtividade de artigos dentro e fora dos parques tecnológicos. Especificamente, nas áreas de conhecimento de interesse da Petrobras, os pesquisadores financiados pela Petrobras fora dos parques tecnológicos possuem produtividade maior que os pesquisadores em parques tecnológicos e sem vínculos com a Petrobras. A taxa de publicação de pesquisadores da Petrobras em parques tecnológicos é entre 1,6 vez maior que a taxa de pesquisadores não financiados pela Petrobras.

Entendemos que há uma baixa interseção entre pesquisadores apoiados pela Petrobras e pesquisadores vinculados aos parques tecnológicos, havendo ainda bastante espaço para expansão da presença da Petrobras em parques tecnológicos, seja por meio de parcerias entre as universidades, as empresas ou por intermédio de pesquisadores. A Petrobras poderia beneficiar-se de tais parcerias, pelo estabelecimento de novas redes de fornecedores de base tecnológica, redes de pesquisadores em linha de conhecimento de interesse e na criação de competências e mão de obra especializada.

Por fim, gostaríamos de agradecer a equipe da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) por meio de Alfredo Renault, às equipes da Petrobras e do Cenpes através de José Biruel e José Francisco de Souza e à área de pesquisa aplicada da Fundação Getulio Vargas por meio de Goret Pereira Paulo, pelo fundamental apoio e direções dadas em diferentes etapas do projeto que redundou neste livro[1].

Fernanda De Negri
João De Negri
Marcelo Neri

[1] Essa pesquisa "Avaliação de Resultados dos Investimentos em P&D na Indústria de Petróleo e Gás Natural", qualificada na Cláusula de P, D&I da Resolução ANP nº 50/2015, foi financiada pelo Centro de Pesquisas & Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes/Petrobras).

Lista de Siglas

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
Anprotec	Associação Nacional das Entidades Promotoras de Empreendimentos de Tecnologias Avançadas
ATE	Efeito de Tratamento Médio
ATT	Efeito sobre os Tratados
BACEN	Banco Central do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BP	British Petroleum
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CART	Árvores de Decisão
CAS	*Complex Adaptive System Modeling*
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CENAP	Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo
Cenpes	Centro de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Migues de Mello
CEO	*Chief Executive Officeres*
CIPD	Institute for Personnel & Development
CNAE	Classificação Nacional de Atividade Econômica
CNCI	*Category Normalized Citation Impact*
CNOOC	China National Offshore Oil Corporation
CNPC	China National Petroleum Corporation
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONCLA	Comissão Nacional de Classificação
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CRL	*Commercial Readiness Level* (Nível de Maturidade Comercial)
CVs	Curriculum Vitae
DEA	*Data Envelopment Analysis* (Análise Envoltória de Dados)
DIPLAT	Área de Administração Tecnológica
DMU	*Decision Making Unit* (Unidades Produtivas Tomadoras de Decisão)
DPI	Direitos de Propriedade Intelectual
EOR	*Enhanced Oil Recovery* (Recuperação de Óleo Aprimorada)
FAPESE	Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão de Sergipe
FAPs	Fundações Estaduais de Amparo a Pesquisa
FAR	*Field Anomaly Relaxation Method*
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos

FUNPEC	Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura
HP	Hewlett-Packard Brasil
HRTC	Hull Research and Technology Centre
IA	Inteligência Artificial
IEA	International Energy Agency
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
IPC	Classificação Internacional de Patentes
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
MAR	Marshall-Arrow-Romer
MBI	*Management buying*
NGP	*Nominal Group Process*
NOCs	Companhias Nacionais de Petróleo
NUPEG	Núcleo de Pesquisa em Engenharia do Petróleo
NUPETRO	Núcleo de Graduação em Engenharia do Petróleo
O&G	Óleo e Gás
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OGCI	Iniciativa Climática para Óleo e Gás
OMPI	Organização Mundial de Propriedade Intelectual
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PAS	Pesquisa Anual de Serviços
PE	*Private Equity*
PIA	Pesquisa Industrial Anual
PINTEC	Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
RAIS	Relação Anual de Informações Soc
ROI	Retorno sobre o Investimento
ROV	*Remotely Operated Vehicles* (Veículos Operados Remotamente)
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
SIGITEC	Sistema de Gestão de Investimentos em Tecnologia
Sinopec	China Petroleum & Chemical Corporation
SPC	*Spin-offs* Corporativas
SPPD	Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento Governamentais
SVM	Máquinas de Suporte Vetorial
TCM	Technology Centre Mongstad
TIR	Taxa Interna de Retorno
TRL	*Technology Readness Level* (Nível de Maturidade da Tecnológica)
UF	Unidade da Federação
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
VAUE	Valor Anual Uniforme Equivalente
VPL	Valor Presente Líquido
WIPO	World Intelectual Property Organization
WoS	*Web of Science*

Lista de Tabelas

Tabela 1.1 Número de patentes depositadas pelas grandes empresas petrolíferas (entre 2000 e 2019) e pelo resto do mundo (entre 2000 e 2017), segundo os dez principais campos tecnológicos das patentes das petroleiras 15

Tabela 1.2 Número de patentes depositadas pelas grandes empresas petrolíferas (entre 2000 e 2019) segundo taxonomia tecnológica após procedimento de clusterização por k-means 24

Tabela 2.1 Obrigações de investimento em PD&I geradas para cada petrolífera no Brasil, R$ (2018-2020) 37

Tabela 2.2 Número de pesquisadores financiados pelas petroleiras no Brasil com a cláusula de PD&I da ANP (2007-2020). 41

Tabela 2.3 Áreas de conhecimento da pós-graduação (mestrado ou doutorado) dos pesquisadores financiados pela Petrobras (até 2020) 43

Tabela 2.4 Publicação indexada dos pesquisadores com projetos de pesquisa financiados pela Petrobras (2020) 46

Tabela 2.5 Áreas científicas dos artigos de pesquisadores com projetos de pesquisa financiados pela Petrobras (2020) 47

Tabela 2.6 Qualificação dos artigos de pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras nas áreas de ciências exatas e de engenharia (2020) 48

Tabela 2.7 Diversificação da produção acadêmica no Brasil de pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras (2020) 51

Tabela 2.8 Diversificação da produção acadêmica no exterior de pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras (2020) 52

Tabela 2.9 Participação em bancas no Brasil e no exterior dos pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras (2020) 53

Tabela 2.10 Principais palavras chaves vinculadas aos artigos e patentes dos pesquisadores com projetos de pesquisa financiados pela Petrobras no Brasil nas áreas de ciências exatas e de engenharia (2020) 54

Tabela 2.11 As 50 universidades com a maior participação de pesquisadores da Petrobras (2020) 55

Tabela 2.12 As 15 principais agências de fomento que financiam pesquisadores vinculados a projetos da Petrobras (2020) 56

Tabela 2.13 Produção na área científica de inteligência artificial 57

Tabela 2.14 Distribuição de frequência dos tratamentos ao longo do tempo 64

Tabela 2.15 Exemplo de acompanhamento da variável dependente 66

Tabela 2.16 Cobertura temporal por tratamento 66

Tabela 2.17 Especificação dos modelos probabilísticos de primeiro estágio 71

Tabela 2.18 Região de suporte comum 72

Tabela 2.19 Efeito médio do tratamento (ATE): estoque de artigos e livros 74

Tabela 2.20 Efeito médio do tratamento (ATE): estoque de marcas, patentes e *software* ... 77
Tabela 2.21 Efeito do tratamento sobre os tratados (ATT): estoque de artigos e livros ... 79
Tabela 2.22 Efeito do tratamento sobre os tratados (ATT): estoque de marcas, patentes e *software* ... 81
Tabela 3.1 Número de fornecedores e valores contratados pela Petrobras (2007-2020) ... 89
Tabela 3.2 Número de fornecedores e valores contratados pelo Cenpes (2007-2014) ... 89
Tabela 3.3 Características das empresas fornecedoras e não fornecedoras de bens e serviços para a Petrobras – ano 2018 (Valores em R$ jan. 2020) ... 91
Tabela 3.4 Crescimento médio da produtividade dos fornecedores da Petrobras e Cenpes ... 95
Tabela 4.1 Distribuição, por área de conhecimento da infraestrutura de pesquisa, do número de pesquisadores por titulação (2020) ... 121
Tabela 4.2 Principais fontes de financiamento das infraestruturas de pesquisa do setor de Petróleo (2012) ... 127
Tabela 5.1 Síntese dos métodos de prospecção tecnológica disponíveis na literatura ... 152
Tabela 5.2 Prospecção tecnológica em empresas brasileiras ... 153
Tabela 5.3 Vantagens e desvantagens de metodologias de prospecção segundo empresas brasileiras e americanas ... 154
Tabela 5.4 Fontes de dados utilizadas em prospecção tecnológica ... 155
Tabela 5.5 Técnicas bibliométricas por unidade de análise ... 166
Tabela 5.6 Sintaxe utilizada par a coleta de informações na *WoS* ... 170
Tabela 5.7 Características da produção de artigos científica fomentados pelas maiores petroleiras do mundo e dos 20 mil artigos científicos mais citados (2010-2020) ... 171
Tabela 5.8 Número de artigos científicos publicados fomentados pelas maiores petroleiras mundiais por ano (2010-2020) ... 172
Tabela 5.9 Revistas científicas mais relevantes das publicações fomentadas pelas petroleiras e dos 20 mil artigos mais citados no período (2010-2020) ... 175
Tabela 5.10 Universidades mais relevantes dos autores de artigos fomentados pelas petroleiras e doa 20 mil artigos mais citados no mundo (2010-2020) ... 180
Tabela 7.1 Critérios para modelo de pontuação para avaliação de projetos de P&D ... 232
Tabela 7.2 Descrição dos níveis de prontidão tecnológica (*Technolgy Readiness Level*) ... 233
Tabela 7.3 Descrição dos níveis de prontidão comercial (*Comercial Readiness Level*) ... 234
Tabela 7.4 Quantidade de projetos conforme o tipologia ... 235
Tabela 7.5 Quantidade de projetos conforme o status ... 236
Tabela 7.6 Média do Valor presente líquido, valor projetado futuro e valor realizado por tipologia ... 236
Tabela 7.7 Quantidade de projetos, média do indicador de maturidade, TRL e CRL por tipologia ... 237
Tabela 7.8 Média do valor presente líquido, valor projetado futuro e valor realizado ... 237
Tabela 7.9 Média do valor presente líquido, valor projetado futuro e valor realizado ... 238
Tabela 7.10 Modelos orientados a insumos (*inputs*) e produto (*output*) ... 242
Tabela 7.11 Modelos orientados a insumos (*inputs*) e produto (*output*) ... 243
Tabela 7.12 Modelos orientados a insumos (*inputs*) e produto (*output*) ... 244
Tabela 7.13 Matriz de correlação das eficiências ... 245
Tabela 7.14 Eficiências média por nível de maturidade tecnológica ... 245
Tabela 7.15 Eficiências média por nível de maturidade comercial ... 246
Tabela 7.16 Eficiências média segundo a tipologia ... 246
Tabela 7.17 Eficiências média segundo status ... 247
Tabela 7.18 Matriz de correlação das eficiências com a eficiência unificada ... 247
Tabela 8.1 Definições de *spin-off* ... 262
Tabela 8.2 Tipologia de *spin-offs* ... 264
Tabela 8.3 Modelo conceitual de transição de conhecimento e diversificação de recursos e conhecimento do setor de petróleo ... 276

Tabela 8.4 Frequência de *startups* da lista da Associação Brasileira de Startups, cujos CNPJs foram encontrados e que estão presentes na RAIS e na base de dados de sócios da RFB 279
Tabela 8.5 Frequência de *startups* da lista da Associação Brasileira de *Startups*, cujos CNPJs foram encontrados e que estão presentes na RAIS e na base de dados de sócios da RFB 280
Tabela 9.1 Campos utilizados para identificar pesquisadores em Parques Tecnológicos 295
Tabela 9.2 Número de pesquisadores em Parques Tecnológicos no Brasil 296
Tabela 9.3 Número de pesquisadores financiados pela Petrobras e presentes em Parques Tecnológicos no Brasil 297
Tabela 9.4 Indicadores de produtividades dos pesquisadores 298
Tabela 9.5 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Ciências Agrárias) 299
Tabela 9.6 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Biologia) 300
Tabela 9.7 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Ciências da Saúde) 300
Tabela 9.8 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Ciências Exatas) 301
Tabela 9.9 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Ciências Humanas) 302
Tabela 9.10 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Sociais Aplicadas) 302
Tabela 9.11 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Engenharias) 302
Tabela 9.12 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Letras) 303
Tabela 9.13 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Diversos) 305

Lista de Gráficos

Gráfico 1.1 Valores dos investimentos em P&D das dez maiores empresas mundiais do setor de Petróleo em US$ milhões (2019) 10

Gráfico 1.2 Percentual dos investimentos em P&D como proporção do faturamento das dez maiores empresas mundiais do setor de Petróleo (2019 e 2020) 11

Gráfico 1.3 Número de patentes depositadas anualmente pelas dez maiores empresas do setor de petróleo (2000 a 2018) 13

Gráfico 1.4 Percentual de patentes depositadas anualmente pelas dez maiores empresas do setor de petróleo nos principais países de depósito (2000 a 2019) 13

Gráfico 1.5 Indicador de especialização tecnológica das grandes empresas petrolíferas e dos principais campos tecnológicos de patenteamento das empresas do seto (2000-2019) 17

Gráfico 1.6 Percentual da evolução da participação das principais áreas tecnológicas no patenteamento das grandes empresas petrolíferas (2000-2019). 19

Gráfico 1.7 Percentual da evolução da participação de patentes verdes no total de patentes registradas pelas maiores petroleiras (2000-2019) 21

Gráfico 1.8 Percentual de patentes verdes no total de patentes registradas por cada uma das dez maiores petroleiras (2000-2019) 22

Gráfico 1.9 Percentual da participação de patentes relativas à inteligência artificial no total de patentes registradas pelas grandes petroleiras (1990-2019) 23

Gráfico 1.10 Indicador de Especialização tecnológica das grandes empresas petrolíferas, segundo a taxonomia dos *clusters* tecnológicos das patentes do setor de petróleo (2000-2019) 27

Gráfico 2.1 Volume de obrigações geradas por ano (até o 2º trimestre de 2020) 37

Gráfico 2.2 ATE para estoque de artigos publicados em periódicos internacionais 75

Gráfico 2.3 ATE para estoque de livros publicados internacionalmente 76

Gráfico 3.1 a Proporção de fornecedores da Petrobras por categoria tecnológica (2007-2019) 99

Gráfico 3.1 b Proporção de fornecedores do Cenpes por categoria tecnológica (2007-2014) 100

Gráfico 3.2 Proporção dos Valores em R$ (IPCA Jan2020=100) contratados com os fornecedores da Petrobras (2007-2019) e do Cenpes por categoria tecnológica (2007-2014) 101

Gráfico 3.3 Percentual do número de pedidos de depósito de dpi por grande área de classificação 106

Gráfico 3.4 Distribuição dos DPIs apresentados pelos fornecedores da Petrobras ao INPI, por grande área de classificação e classificação de intensidade tecnológica (2007-2019) 108

Gráfico 4.1 Número de infraestruturas de pesquisa utilizadas pelos coordenadores de projetos da Petrobras, segundo tipo de infraestrutura (2020) ... 117
Gráfico 4.2 Número de infraestruturas de pesquisa utilizadas pelos coordenadores de projetos da Petrobras, segundo área do conhecimento (2020) ... 118
Gráfico 4.3 Distribuição, por Unidade da Federação, do número de infraestruturas de pesquisa no setor de petróleo e gás ... 119
Gráfico 4.4 Distribuição percentual do número de pesquisadores em laboratórios parceiros da Petrobras, por titulação (2020) ... 120
Gráfico 4.5 Percentual de pesquisadores estrangeiros em infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, por área de conhecimento (2020) ... 123
Gráfico 4.6 Distribuição percentual das infraestruturas segundo seu custo total (2020) ... 124
Gráfico 4.7 Distribuição percentual das infraestruturas segundo seu custo total (2013) ... 124
Gráfico 4.8 Principais fontes de financiamento das infraestruturas parceiras da Petrobras (2019) ... 126
Gráfico 4.9 Distribuição das infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, segundo ano de início de operação ... 128
Gráfico 4.10 Distribuição das infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, segundo o período em que foi realizado o último investimento significativo ... 129
Gráfico 4.11 Distribuição das infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, segundo as condições da infraestrutura ... 130
Gráfico 4.12 Principais gargalos das infraestruturas parceiras da Petrobras (2020) ... 131
Gráfico 4.13 Resultados obtidos pelos projetos de pesquisa com a Petrobras, na visão dos pesquisadores responsáveis (2020) ... 132
Gráfico 4.14 Como você avalia a gestão dos projetos de P&D pela empresa? ... 133
Gráfico 4.15 A empresa realizou alguma avaliação *ex post* sobre os resultados alcançados pelo projeto ... 134
Gráfico 4.16 Na sua opinião, quais as principais dificuldades na execução de projetos de P&D da Petrobras ou baseados no regulamento de P&D da ANP ... 135
Gráfico 5.1 Representação de acoplamento e cocitação bibliográfica ... 164
Gráfico 5.2 País de origem e universidade dos autores fomentados pelas maiores petroleiras mundiais (2010-2020) ... 173
Gráfico 5.3 *Journals* mais relevantes dos artigos publicados fomentados pelas petroleiras (2010-2020) ... 174
Gráfico 5.4 Revistas científicas com maior Índice h aonde são publicaram os artigos fomentados pelas maiores petroleiras mundiais (2010-2020) ... 177
Gráfico 5.5 Autores mais relevantes que publicaram artigos científicos em inglês na *WoS* e foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras mundiais (2010-2020) ... 178
Gráfico 5.6 Cientistas com maior Índice h que são fomentados pelas maiores petroleiras mundiais no período (2010-2020) ... 178
Gráfico 5.7 Universidades mais relevantes aonde estão afiliados os pesquisadores fomentados pelas 10 maiores petroleiras mundiais (2010-2020) ... 179
Gráfico 5.8 Mapa mundial da produção científica dos artigos fomentados pelas 10 maiores petroleiras (2010-2020) ... 181
Gráfico 5.9 Artigos mais citados que foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo (2010-2020) ... 181
Gráfico 5.10 Número de palavras chaves mais citadas nos artigos que foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo (2010-2020) ... 182
Gráfico 5.11 Palavras-chaves mais citadas nos artigos que foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo (2010-2020) ... 183
Gráfico 5.12 Palavras-chaves mais citadas nos 20 mil artigos mais citados na *WoS* (2015-2020) ... 183
Gráfico 6.1 Evolução do quadro de pessoal do Cenpes, por nível de qualificação (2000-2020) ... 208
Gráfico 8.1 O projeto de pesquisa com a Petrobras originou ou está originando alguma empresa *spin-off*? ... 281

Lista de Figuras

Figura 3.1 Mapa de distribuição dos fornecedores em território nacional (2007-2019) 102

Figura 3.2 Mapa de distribuição dos fornecedores em território Nacional – fornecedores em setores de alta intensidade tecnológica, média-alta intensidade tecnológica e serviços tecnológicos (2007-2020) 103

Figura 3.3 Mapa de distribuição dos fornecedores em território nacional – fornecedores em setores de infraestrutura, transporte e logística e demais setores econômicos (2007-2020) 104

Figura 3.4 Mapa de distribuição dos fornecedores em território nacional – fornecedores do setor de universidades e instituições de ensino (2007-2020) 105

Figura 4.1 Distribuição regional das infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, segundo o número de pesquisadores que trabalham em cada uma delas 122

Figura 6.1 Elementos de um sistema de gestão da inovação 191

Figura 6.2 Organograma do Cenpes 207

Figura 6.3 Modelo de gestão tecnológica da Petrobras – primeira geração 212

Figura 6.4 Modelo de gestão tecnológica da Petrobras – segunda geração 214

Figura 6.5 Modelo de gestão tecnológica da Petrobras – quarta geração 218

Figura 7.1 Retornos constantes (a), crescentes (b) e crescentes (c) de escala 239

Figura 7.2 Fronteira de produção – Unidades eficientes encontram-se na fronteira 240

Figura 7.3 Distribuição da eficiência média conforme a tipologia do projeto 248

Figura 7.4 Distribuição da eficiência média conforme o status do projeto 248

Figura 7.5-a Estudo e Caracterização 249

Figura 7.5-b Infraestrutura 250

Figura 7.5-c Processo e metodologia 250

Figura 7.5-d Produto 251

Figura 7.5-e *Software* 251

Figura 7.5-f Geral 252

Figura 7.6-a Estudo e Caracterização 252

Figura 7.6-b Infraestrutura 253

Figura 7.6-c Processo e Metodologia 253

Figura 7.6-d Produto 253
Figura 7.6-e *Software* 254
Figura 7.6-f Geral 254
Figura 7.7 Fronteira de produção: estudo e caracterização 255
Figura 7.8 Fronteira de produção: infraestrutura 256
Figura 7.9 Fronteira de produção: produto e metodologia 256
Figura 7.10 Fronteira de produção: *software* 257
Figura 7.11 Fronteira de produção: processo e metodologia 257

Sumário

1 ESTRATÉGIAS TECNOLÓGICAS DAS EMPRESAS PETROLÍFERAS: UMA ANÁLISE COM BASE NAS PATENTES 1

Introdução 1

1.1 Desafios Tecnológicos e Investimentos em P&D da Indústria de Petróleo 2

1.1.1 Investimentos em P&D das grandes empresas petrolíferas 9

1.2 Evolução do Patenteamento das Empresas do Setor de Petróleo 11

1.3 Patenteamento de Tecnologias Verdes e de Inteligência Artificial 19

1.3.1 Análise de *clusters* de patentes 23

Considerações Finais 28

Referências 30

2 PETROBRAS E A CIÊNCIA NO BRASIL 33

2.1 Ciência no Brasil 33

2.2 Investimentos em P&D na Indústria de Petróleo no Brasil 36

2.2.1 Cientistas e o setor de petróleo 38

2.3 Efeito Causal em Estudos Observacionais 57

2.3.1 Avaliação do escore de propensão para múltiplos tratamentos 61

2.3.2 Efeitos médios do tratamento e viés de seleção para múltiplos tratamentos 62

2.3.3 Definição de tratamentos 64

2.3.4 Tratamento temporal e variáveis de impacto 65

2.3.5 Modelo probabilístico 66

2.3.6 Região suporte comum e pesos para ATE e ATT 69

2.3.7 Efeito médio do tratamento (ATE) 69

2.3.8 Efeito do tratamento sobre os tratados 70

2.3.9 Base de dados currículo lattes 70

2.4 Impacto da Petrobras sobre a Ciência 71

Referências 83

3 CARACTERÍSTICAS DOS FORNECEDORES DE BENS E SERVIÇOS DA PETROBRAS 85

Introdução 85
3.1 Fornecedores da Petrobras 88
3.2 Atividades mais Demandadas pela Petrobras 96
3.3 Intensidade Tecnológica dos Setores de Atuação dos Fornecedores 98
3.4 Dispersão Geográfica dos Fornecedores 102
3.5 Direitos de Propriedade Industrial e Intelectual da Petrobras e seus Fornecedores 105
Considerações Finais 110
Referências 111

4 UMA ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA DE PESQUISA PARA O SETOR DE PETRÓLEO 113

Introdução 113
4.1 Metodologia 115
4.2 Características Gerais das Infraestruturas 117
4.3 Número e Perfil dos Pesquisadores nos Laboratórios Parceiros 120
4.4 Valor das Infraestruturas e Fontes de Financiamento 123
4.5 Idade e Atualização Tecnológica das Infraestruturas 128
4.6 Condições de Pesquisa e Gargalos 130
4.7 Sobre a Execução dos Projetos com Base na Cláusula de P&D da ANP 131
Considerações Finais 135
Referências 137
Anexo 138
Questionário aplicado aos coordenadores dos projetos de pesquisa com a Petrobras 138

5 REDES DE PESQUISADORES FOMENTADOS PELAS MAIORES PETROLEIRAS DO MUNDO 147

Introdução 147
5.1 Prospecção Tecnológica de Cientistas nas Redes de Pesquisa 148
5.2 Redes de Pesquisa e Bibliometria na Indústria de Petróleo 156
5.2.1 Fluxo para mapeamento da produção científica fomentada pelas petroleiras 160
5.2.2 Avaliação das redes de cientistas por métodos bibliométricos 163
5.3 Produção Científica Fomentada pela Petrobras e Grandes Petroleiras no Mundo 168
5.4 Cientistas, Artigos e Universidades Fomentadas Pelas Maiores Petroleiras Mundiais 170
Considerações Finais 184
Referências 186

6 GESTÃO DA INOVAÇÃO NO SETOR DE PETRÓLEO: O CASO DA PETROBRAS 189

Introdução 189
6.1 A Literatura sobre Gestão da Inovação e Avaliação de Projetos de P&D 190
6.1.1 Gestão da inovação 190
6.1.2 Avaliação do portfólio de P&D 194
6.2 Como as Grandes Companhias Petrolíferas Inovam? 200
6.3 A Gestão da Inovação na Petrobras 206
6.3.1 O Cenpes: competências e organização 207

6.3.1.1 Histórico 209
6.3.1.2 A primeira geração do sistema de gestão de P&D da Petrobras: fundamentos e estrutura 209
6.3.1.3 A segunda geração do modelo: relacionamento em redes e a escalabilidade da gestão tecnológica 212
6.3.1.4 A terceira geração: gestão de projetos de P&D e controle 215
6.4 A Quarta Geração da Gestão da Inovação na Petrobras: Gestão Ativa do Portfólio 217
Considerações Finais 221
Referências 222

7 EFICIÊNCIA DOS PROJETOS DE P&D DA PETROBRAS 227

7.1 Métodos para Avaliação de Projetos de P&D 227
7.2 Produtividade, Eficiência e Análise Envoltória de Dados 238
7.3 Resultados 243
7.3.1 Teste de retorno de escala 243
7.3.2 Descrição das eficiências 244
7.3.3 Relação entre eficiências, custo e maturidade 249
7.3.4 Fronteira de produção 255
Considerações Finais 258
Referências 258

8 *PIN-OFFS* NO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS MUNDIAL E NO BRASIL 261

8.1 Conceito e Relevância das *Spin-Offs* 261
8.1.1 Tipologia de *spin-offs* 263
8.1.2 Quadrante 1: *spin-offs* de firmas novas no contexto acadêmico 264
8.1.3 Quadrante 2: *spin-offs* de firmas novas no contexto comercial 267
8.1.4 Quadrante 3: *spin-offs* derivadas de atividades existentes no contexto Acadêmico 269
8.1.5 Quadrante 4: *spin-offs* derivadas de atividades existentes no contexto comercial 269
8.2 Importância das *Spin-Offs* como Canais de Difusão e Transferência de Tecnologias 271
8.2.1 Transição de conhecimento 271
8.2.2 Diversificação 273
8.3 Metodologia 277
8.4 Resultados 279
Referências 282

9 PRODUÇÃO CIENTIFICA DOS PESQUISADORES APOIADOS PELA PETROBRAS EM PARQUES TECNOLÓGICOS 285

9.1 Parques Tecnológicos e o Conceito de Externalidades 285
9.2 Externalidades-MAR 288
9.3 Externalidades-Jacob 289
9.4 Definição de Parque Tecnológico 290
9.5 Evidências Empíricas dos Impactos dos Parques Tecnológicos 293
9.6 Metodologia de Identificação dos Parques Tecnológicos 295
9.6 Pesquisadores Vinculados a Polos Tecnológicos 296
Considerações Finais 305
Referências 307

1

Estratégias Tecnológicas das Empresas Petrolíferas: uma Análise com Base nas Patentes

Fernanda De Negri
Eric Jardim

Introdução

Embora a indústria de petróleo seja considerada madura e de baixa intensidade tecnológica, são muitos os desafios tecnológicos enfrentados no processo de prospecção, exploração e produção de petróleo. Esses desafios vão desde a procura por novos reservatórios, o que implica conhecimentos e tecnologias sofisticadas de análises sísmicas e geológicas até o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de extração do óleo, o que em grande medida depende da complexidade do reservatório.

Historicamente, a maior parte dos investimentos em P&D do setor foi direcionada para a prospecção e exploração de novos campos. Embora o volume desses investimentos seja relativamente pequeno, em relação ao faturamento, seu volume não é, sob nenhum aspecto, desprezível.

Nas últimas décadas, outros desafios se colocam para as empresas do setor, especialmente relacionados com a redução de emissões e com a sustentabilidade ambiental da produção de petróleo. Em paralelo, novas tecnologias da informação, tais como *big data* e Inteligência Artificial (IA), tem o potencial de aumentar a eficiência do setor, especialmente na prospecção e exploração de novos reservatórios. Por fim, as últimas décadas também foram palco da entrada das petroleiras chinesas como *players* importantes no setor.

Frente todas essas mudanças, o objetivo desse Capítulo é analisar, a partir das patentes registradas pelas empresas petrolíferas, como são e como tem evoluído suas estratégias tecnológicas. Para tanto, o Capítulo está organizado em três seções, além dessa introdução. A seção 1.1 faz uma revisão da literatura sobre o papel da tecnologia na indústria de petróleo e sobre as novas fronteiras tecnológicas que se abrem para o setor. A seção 1.2 analisa o patenteamento das maiores empresas petrolíferas nos últimos 20 anos e utiliza ferramentas de processamento de linguagem natural e clusterização para identificar quais as principais áreas tecnológicas dessas patentes e sua evolução ao longo desse período. As conclusões e apontamentos para futuras pesquisas estão na seção 1.3.

1.1 Desafios Tecnológicos e Investimentos em P&D da Indústria de Petróleo

Historicamente, a busca por novos reservatórios e a ampliação da produção para fazer frente ao consumo são os principais motores do desenvolvimento de tecnologias de prospecção e extração. Nos últimos anos, esse desafio tem se tornado ainda mais complexo, dado que a demanda mundial por energia continua crescendo aceleradamente enquanto que as reservas de petróleo são finitas e cada vez mais escassas (Weijermars, 2009). Ao mesmo tempo, novos reservatórios tendem a ser mais profundos e mais difíceis de serem encontrados e acessados (Urstadt, 2006; Perrons, 2014).

Nesse contexto, novas tecnologias de prospecção e exploração se tornaram ainda mais críticas para a indústria. Nas palavras de Weijermars (2009), "*production optimization technology will become even more critical as the easy oil is gone and demand keeps rising".* Para ilustrar como a tecnologia tem se tornado cada vez mais importante, o autor divide a evolução da indústria do petróleo em três fases. Na fase inicial de exploração – dos anos 1930 até 1970 – as descobertas de novos reservatórios cresciam ano a ano, assim como o volume de produção, que passou de pouco mais de 1 bilhão de barris/ano

para mais de 17 bilhões/ano em 1970. A segunda, uma fase de estabilidade de descobertas de novos reservatórios, entre 1970 e os anos 2000, na qual o volume de produção ultrapassou o volume de novas descobertas. Por fim, a terceira fase mais recente, na qual as novas descobertas de reservas não serão suficientes para suprir o crescimento da demanda e a produção passa a depender mais fortemente das chamadas reservas não convencionais – que são aquelas em formações geológicas com baixa permeabilidade que exigem estimulação para a produção – e de reservas disponíveis em locais de mais difícil acesso, como as do pré-sal. Nesta última fase, segundo o autor, a produção de petróleo em campos mais difíceis e profundos exigiria o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias e processos mais complexos.

Para Mitchell, Marcel e Mitchell (2012), a ideia de que já teríamos alcançado um pico de reservas é falaciosa. O autor argumenta que o volume de reservas recuperáveis depende muito das tecnologias disponíveis para extração e que, portanto, ainda há espaço para crescimento. Entre 1980 e 2011 o mundo produziu mais petróleo (795 bilhões de barris) do que o volume que se acreditava disponível em 1980 e, nesse período, as reservas mundiais de petróleo cresceram de 683 para 1,8 bilhões de barris. O autor argumenta que as reservas aumentam tanto como resultado de novas descobertas quanto da aplicação de novas tecnologias que ampliam a proporção de óleo dos reservatórios que pode ser extraída (a taxa de recuperação), que varia entre 10% e 60%. Segundo ele, tipicamente, a recuperação primária é capaz de extrair por volta de 20% do óleo, taxa ampliada até 25% pela recuperação secundária (injeção de água e gás) e ainda mais pelas técnicas de recuperação de óleo aprimoradas (*Enhanced oil recovery* – EOR), que consistem na injeção de água, gás, vapor, CO_2 ou químicos.

Apesar das controvérsias sobre os limites ao crescimento das reservas de petróleo, é consenso entre os especialistas que novas tecnologias são cada vez mais essenciais para a exploração. Tecnologias como a perfuração horizontal, perfuração em águas profundas e em reservas no pré-sal, fraturamento hidráulico, bem como as já mencionadas técnicas de recuperação aprimoradas, entre outras, foram fundamentais para a expansão da produção no período recente.

Zitha *et al.* (2011) fazem uma análise dos fatores responsáveis pela ampliação da taxa de recuperação de hidrocarbonetos, entre eles a evolução no campo de simulação de reservatórios, que ajuda a prever com mais precisão o volume das reservas, o quanto pode ser extraído delas e com qual velocidade. O mapeamento sísmico 3D, primeiramente utilizado pela Exxon em 1967, é uma das ferramentas auxiliares no processo de simulação de

reservatórios e é apontado por vários estudos como uma das tecnologias que revolucionou o processo de exploração de petróleo (Hassani, Silva e Al Kaabi, 2017; Dome Energy, 2014).

Outra função historicamente relevante das novas tecnologias no setor de petróleo consiste em automatizar tarefas perigosas, mais suscetíveis a erros e de alto custo (Hassani, Silva e Al Kaabi, 2017; Martinotti, Nolten e Steinsbø, 2014). A manutenção da infraestrutura de óleo e gás (oleodutos e outras instalações) é uma dessas tarefas, especialmente quando realizada em ambientes hostis. Cohen (2017) menciona cinco tecnologias que estão ajudando a indústria do petróleo a realizar essas tarefas. Entre elas, a internet das coisas possibilita a integração de dados de sensores, sistemas de comunicação e *softwares* de modo a avaliar em tempo real a situação das instalações utilizadas no processo produtivo. O uso de Veículos Operados Remotamente (*Remotely Operated Vehicles* – ROV) é crítico para a inspeção de instalações submarinas e ferramentas de realidade virtual são fundamentais no treinamento das equipes que trabalham em plataformas, especialmente na resposta a emergências.

Além disso, o segmento de *downstream* – refino e petroquímica – também possui seus próprios desafios tecnológicos, entre os quais o processo de catálise. Segundo Capocelli (2018), os catalisadores permitem reduzir a temperatura ou a pressão da reação, reduzindo a quantidade de combustível ou de outros materiais envolvidos no processo, o que torna crucial o desenvolvimento de novos catalizadores, bem como a otimização dos existentes. O uso de zeólitos sintéticos como catalizadores no processo de refino é apontado como uma das inovações revolucionárias do segmento nas últimas décadas (Hassani, Silva e Al Kaabi, 2017).

Além desses desafios, já tradicionais na indústria, somam-se outros que vem ganhando relevância nos últimos anos. Um dos principais desafios tecnológicos mundiais, nas próximas décadas, diz respeito à redução de emissões e à viabilização de fontes de energia mais sustentáveis. Isso vai requerer um volume muito grande de investimentos em pesquisas e no desenvolvimento de novas tecnologias, inclusive pelas empresas do setor de petróleo.

Nesse contexto, os investimentos globais em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em energia têm crescido substantivamente nos últimos anos. Segundo um relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, 2020), as empresas que investem em tecnologias energéticas ampliaram seus investimentos em P&D em cerca de 40% desde 2010, alcançando um montante de mais de US$ 90 bilhões em 2019. A maior parte desses investimentos, mais de US$ 35 bilhões, vem de empresas do setor automotivo, que foi o setor cujos

investimentos em P&D mais cresceram no período. As empresas do setor de petróleo e gás, por sua vez, investiram US$ 18,9 bilhões desse total no ano de 2019, comparado a pouco mais de US$ 17 bilhões em 2010, evidenciando um crescimento mais baixo do que os demais setores.

Os investimentos públicos em pesquisas energéticas, embora tenham crescido a um ritmo menor, alcançaram mais de US$ 30 bilhões em 2019 e estão fortemente concentrados nos países da América do Norte e Europa, além da China. Segundo a IEA, mais de 80% desses investimentos foram direcionados para energias renováveis, captura e armazenamento de carbono, eficiência energética e tecnologias de baixo carbono, tais como hidrogênio ou energia nuclear.

A despeito dos esforços no desenvolvimento de novas fontes de energia, o petróleo ainda é, e assim deve permanecer nas próximas décadas, a principal fonte mundial de energia, respondendo por 57% do consumo comercial de energia no mundo (Mitchell, Marcel e Mitchell, 2012). Contudo, as pressões globais por uma produção e um consumo mais sustentável de energia, bem como políticas públicas visando a redução de emissões e a utilização de fontes renováveis, afetam e direcionam as estratégias tecnológicas das empresas petrolíferas. Na medida em que fontes alternativas de energia vão se tornando mais baratas, a pressão competitiva de novos entrantes também tende a se tornar um fator de impulso às inovações tecnológicas no setor de petróleo. Um relatório sobre a indústria de renováveis (REN21, 2019) aponta o contínuo crescimento desse setor e a crescente procura das empresas por fontes alternativas de energia. A tendência futura é que o uso de fontes renováveis cresça ainda mais para fazer frente, entre outras coisas, aos compromissos assumidos por diversos países no Acordo de Paris.

O setor de transportes – automotivo e aeronáutico – é um exemplo de atividade na qual parte dos investimentos em P&D tem como objetivo reduzir o uso de combustíveis fósseis. Mitchell, Marcel e Mitchell (2012) afirmam que a indústria automotiva tem substituído o petróleo por meio de veículos mais eficientes ou movidos por outras fontes. Essa tendência teria sido uma resposta ao aumento dos preços do petróleo a partir de 2005, bem como a uma série de políticas governamentais de limitação às emissões de carbono.

Consequentemente, Hassani, Silva e Al Kaabi (2017) argumentam que se a indústria de petróleo e gás não for bem-sucedida em aprimorar suas tecnologias de abastecimento, produção e transporte, pode se colocar para fora do mercado, na medida em que a demanda poderia cair rapidamente devido aos sucessos tecnológicos em indústrias concorrentes.

Nesse contexto, algumas empresas petrolíferas têm apostado na transição energética, com estratégias bem definidas para se tornarem empresas de energia e não apenas petrolíferas. Segundo Pickl (2019), as líderes nesse movimento, são as petrolíferas europeias, em particular a Shell, a Total, a Equinor, a Eni e, em menor medida, a BP. Todas elas possuem investimentos significativos, nos últimos anos, em energias solar, eólica e outras fontes renováveis. Segundo o autor, as norte-americanas ExxonMobil e Chevron, bem como a brasileira Petrobras, estão ficando para trás nessa transição.

Uma das respostas da indústria do petróleo ao aquecimento global e às crescentes demandas por maior sustentabilidade foi a criação da Iniciativa Climática para Óleo e Gás (OGCI)[1], em 2014, reunindo 13 empresas petrolíferas que respondem por mais de 30% da produção de petróleo e gás natural. Entre essas empresas estão BP, Chevron, CNPC, Eni, Equinor, ExxonMobil, Petrobras, Shell e Total, entre outras. A iniciativa tem como objetivo acelerar a transição energética em direção a "um futuro de baixo carbono" por meio da mobilização das empresas e autoridade públicas e de um fundo de investimento em tecnologias energéticas de mais de US$ 1 bilhão.

Além da competição com outras fontes energéticas e das pressões por uma produção mais sustentável, o setor de petróleo enfrenta uma série de outros desafios para os quais a inovação pode trazer benefícios relevantes. Um deles é a elevada volatilidade dos preços do petróleo, especialmente nos últimos anos. O preço do barril de petróleo chegou a US$ 170 em junho de 2008 e caiu para cerca de US$ 20 no início de 2020, retornando a um patamar mais alto (entre US$ 50 e 60) em 2021.

As implicações dessas oscilações são significativas para a extração de petróleo. No caso brasileiro, por exemplo, existem diversas estimativas sobre qual seria o preço de equilíbrio (preço mínimo necessário para que a produção seja viável) para os campos do pré-sal e quais os impactos para a Petrobras[2]. Rodrigues (2016), fez uma análise em vários cenários e estimou que a produção seria economicamente viável a um preço que variava de US$ 32 a US$ 58 por barril a depender do campo e do regime regulatório – regimes de concessão e partilha apresentaram preços de equilíbrio superiores, entre US$ 48,74 e US$ 57,82.

---

1 https://www.ogci.com/.

2 https://valor.globo.com/empresas/noticia/2020/03/07/petroleo-abaixo-de-us-45-dificulta-competitividade-da-petrobras.ghtml.

Novas tecnologias podem contribuir para a redução desse preço de equilíbrio e viabilizar a extração de petróleo em áreas mais difíceis ou não convencionais. Nesse sentido, a queda dos preços também é um fator a impulsionar o desenvolvimento de tecnologias para extrair petróleo com maior eficiência e a custos mais baixos, como argumentam vários analistas (Mawji, 2016; Sider e Ailworth, 2015).

Uma das tecnologias que tem tido um importante papel na redução dos custos da indústria é a aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial e *big data* em diversas fases do processo de exploração e produção (Barney, 2015), desde a prospecção e avaliação de reservas até o monitoramento e controle do processo de extração. O processo de identificação e exploração de reservas de petróleo gera uma quantidade imensa de dados que podem ser mais bem analisados a partir de ferramentas mais avançadas de tecnologias da informação.

Segundo Mohammadpoor e Torabi (2020), o advento de sensores e de registro de dados em operações de exploração, perfuração e produção fez com que a indústria se tornasse intensiva em dados e o uso de ferramentas de b*ig data*, uma tendência emergente no setor. Entre as aplicações de *big data* na indústria estão a análise de dados sísmicos para aprimorar a caracterização do reservatório, a otimização das bombas de produção e a melhor gestão dos ativos petroquímicos e dos processos de transporte. Com essas ferramentas, as empresas de petróleo seriam capazes de obter mais dados detalhados em tempo real, a custos menores, o que possibilitaria, segundo um estudo da consultoria Bain and Company, uma melhora de sua *performance* em cerca de 6% a 8% (Padmanabhan, Garnier e Addas, 2014).

O processamento da grande quantidade de dados sísmicos complexos necessários para a caracterização de reservatórios é um desafio adicional para as empresas do setor, para o qual as tecnologias da informação podem contribuir sobremaneira. A capacidade de processamento requerida para tanto, contudo, é muito significativa. Não é por acaso que várias companhias de petróleo utilizam, em seus centros de pesquisa, supercomputadores com altíssima capacidade de processamento[3]. Oito, dos 100 supercomputadores mais potentes do mundo são de empresas petrolíferas[4]. A Eni foi uma das precursoras no movi-

[3] https://partners.wsj.com/eni/whatspoweringdigitaltransformation/supercomputing-transforms-oil-and-gas-production/

[4] https://www.top500.org/

mento de maior utilização de processamento para a análise de dados e imagens sísmicas e possui o supercomputador mais potente entre todas as empresas do setor e o nono mais potente do mundo, com uma capacidade de processamento de 51 petaflops. O supercomputador Pangea III, da Total, tem uma capacidade de processamento de 25 petaflops e é o vigésimo primeiro mais potente no mundo. Saudi Aramco e Petrobras também estão na lista. No Brasil, só existem seis supercomputadores na lista dos 500 mais potentes do mundo, três deles na Petrobras e dois deles na lista dos 100 primeiros.

Outra tecnologia emergente, que tem auxiliado na redução dos custos de produção das empresas petrolíferas, é a utilização de energia solar nos campos de petróleo. A produção de petróleo é intensiva em energia e se a indústria de petróleo fosse um país, seria um dos maiores consumidores de energia no mundo[5]. Uma das técnicas de extração de petróleo envolve injetar água, gás ou vapor nos poços a fim de gerar pressão e, assim, possibilitar a retirada do óleo. A injeção de vapor é considerada uma técnica de recuperação de óleo aprimorada (EOR), também chamada de terciária, utilizada depois da aplicação das técnicas primárias, geralmente em poços rasos. Essa técnica permite uma recuperação de 30% a 60% a mais de óleo, em relação às técnicas primárias ou secundárias[6]. Contudo, ela utiliza muito mais energia (calor) do que as tradicionais para a produção do vapor a ser injetado no reservatório e seu custo pode ser barateado pelo uso da energia solar ao invés da queima de gás natural. Assim, a utilização de energias renováveis, tais como a solar, na indústria de petróleo possibilita a redução nos custos de produção bem como na emissão de gases de efeito estufa (Choi, Lee e Song, 2017).

Estes são, provavelmente, alguns dos maiores desafios tecnológicos a serem enfrentados pela indústria de petróleo nos próximos anos. Como essas empresas têm reagido a esses desafios e como eles têm se refletido nas tecnologias desenvolvidas por essas empresas, analisadas por meio do seu portfólio de patentes, será o objeto das próximas seções. Antes, porém, vale observar o volume de investimentos em P&D realizado pelas maiores empresas do setor.

---

5 https://www.power-technology.com/features/featuresolar-powered-oil-fields-could-they-help-build-a-greener-future-for-oil-production-4751560/

6 https://www.panoramaoffshore.com.br/como-funciona-a-tecnica-de-recuperacao-dos-campos/

1.1.1 Investimentos em P&D das grandes empresas petrolíferas

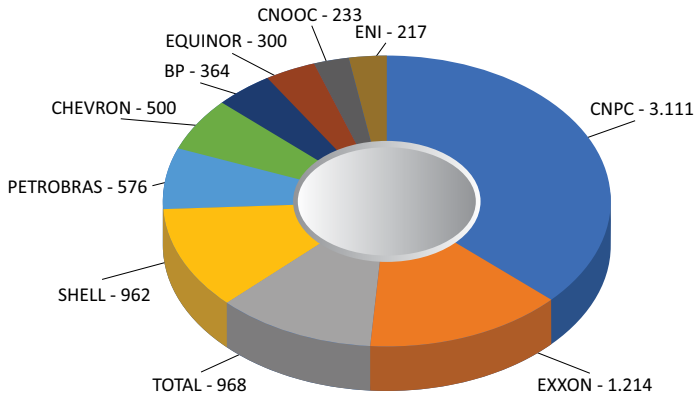
O setor de petróleo é caracterizado como um setor de média-baixa intensidade tecnológica, com suas empresas investindo menos de 1% do seu faturamento em Pesquisa e Desenvolvimento (Perrons, 2014). Além disso, é um setor usuário de tecnologias desenvolvidas externamente, principalmente por empresas prestadoras de serviços. Apesar disso e de o futuro da indústria depender de contínuas inovações, Mitchell, Marcel e Mitchell (2012) afirmam que o setor também é mais lento do vários outros na adoção de novas tecnologias. Contudo, esse cenário vem se modificando nos últimos anos, em que as empresas do setor ampliaram seus investimentos em tecnologia e inovação (Perrons, 2014).

Para analisar os investimentos em P&D e as patentes das grandes empresas petrolíferas, selecionamos as dez empresas com maior valor de mercado no setor, segundo a relação da Revista Exame[7]. Daquela lista, retiramos a China Petroleum & Chemical Corporation (Sinopec), pois ela é uma empresa exclusivamente petroquímica, e a Conocophillips, pois embora seja uma das grandes do setor, possui limitada atividade tecnológica (poucas patentes da empresa foram identificadas). A Petrochina, embora apareça isoladamente na listagem da Revista Exame, é uma subsidiária da China National Petroleum Corporation (CNPC) e, dessa forma, neste estudo ambas são analisadas conjuntamente. Assim, as dez empresas cujos investimentos em P&D e patentes serão analisados são: (i) British Petroleum (BP), (ii) Chevron, (iii) China National Offshore Oil Corporation (CNOOC), (iv) China National Petroleum Corporation (CNPC), (v) ExxonMobil, (vi) Equinor, (vii) Petrobras, (viii) Shell, (ix) Total e (x) Eni (Gráfico 1.1).

De fato, as empresas selecionadas respondem por parcela significativa dos investimentos em P&D da indústria do petróleo. Ao todo, em 2019, essas dez empresas investiram cerca de US$ 8,5 bilhões em P&D, respondendo por 44% do investimento em P&D reportado pela Agência Internacional de Energia para as empresas de petróleo naquele ano (IEA, 2020). Em termos absolutos, a CNPC é de longe a empresa que mais investe em P&D, cerca de US$ 3,1 bilhões em 2019, seguida pela ExxonMobil, com investimentos da ordem de US$ 1,2 bilhão, Total e Shell, que investem aproximadamente US$ 1 bilhão.

[7] https://invest.exame.com/me/as-15-maiores-do-setor-de-petroleo-do-mundo-petrobras-esta-na-lista

Gráfico 1.1 Valores dos investimentos em P&D das dez maiores empresas mundiais do setor de Petróleo em US$ milhões (2019)



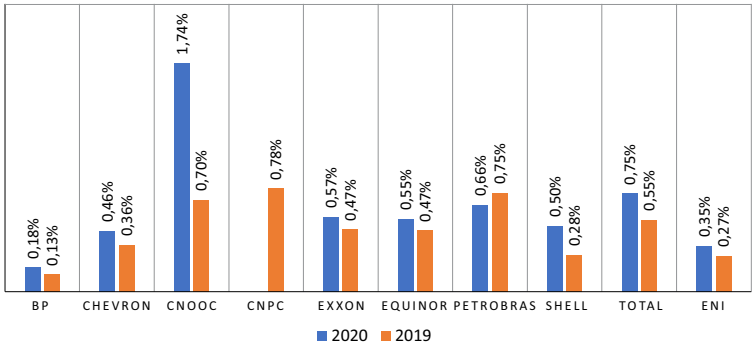
Fonte: Relatórios anuais das Companhias. Elaboração própria.

Como proporção do faturamento, contudo, é outra chinesa que está na liderança em 2020. A CNOOC investiu 0,7% do seu faturamento em P&D em 2019 e ampliou esses investimentos para 1,74% em 2020, valor bem acima de qualquer outra petroleira. Na média, as grandes petroleiras investem cerca de 0,5% do seu faturamento em P&D, sendo o esforço inovativo maior entre as empresas dos países em desenvolvimento: CNPC, Petrobras e CNOOC, que investiram, respectivamente, 0,78%, 0,75% e 0,70% do faturamento em 2019.

O ano de 2020 foi um ano de queda muito forte nos preços internacionais do petróleo, o que derrubou o faturamento e os investimentos das empresas do setor. Todas elas, com exceção das chinesas CNOOC e CNPC, reduziram seus investimentos em P&D na esteira da queda dos preços. Mesmo reduzindo em termos absolutos, contudo, os investimentos em P&D consumiram uma proporção maior do faturamento de todas as empresas. Exceção a isso foi justamente a Petrobras, onde a redução na P&D (de US$ 576 para US$ 355 milhões) foi superior à queda no faturamento, resultando em uma queda no esforço inovativo (P&D/faturamento) da empresa entre 2019 e 2020.

Quais tecnologias vêm sendo desenvolvidas a partir desses investimentos e quais as estratégias tecnológicas das empresas do setor são as perguntas a serem investigada nas próximas seções.

Gráfico 1.2 Percentual dos investimentos em P&D como proporção do faturamento das dez maiores empresas mundiais do setor de Petróleo (2019 e 2020)



Fonte: Relatórios anuais das Companhias. Elaboração própria.

1.2 Evolução do Patenteamento das Empresas do Setor de Petróleo

O melhor indicador para se conhecer quais tecnologias são desenvolvidas por empresas e indústrias são as patentes registradas por elas. Esse indicador tem, contudo, algumas limitações. Nem todas as tecnologias se transformam em patentes, seja por razões de confidencialidade ou de custos de transação relativos ao patenteamento. Em alguns casos, as empresas preferem proteger suas inovações de outras formas, como a manutenção de segredo industrial. Existem também alguns vieses no patenteamento, tanto em termos temporais quanto regionais: algumas tecnologias podem ser patenteadas em determinados países e não em outros, assim como a propensão a patentear determinada tecnologia pode variar temporalmente.

Apesar dessas limitações, este é o único indicador capaz de fornecer informações mais precisas sobre quais os tipos de tecnologias estão sendo produzidas (e protegidas) pelas empresas. Bointner (2014), por exemplo, argumenta que informações sobre patentes oferecem enorme potencial para pesquisas científicas sobre o processo de inovação em energia. O autor usa as patentes e os investimentos em P&D para avaliar o estoque de conhecimento disponível em tecnologias energéticas e energias renováveis. A partir desses dados, o autor mostra que EUA, Japão e Alemanha detém o maior volume de patentes em energia renovável, mas que a China vem assumindo a liderança em várias áreas, como energia solar térmica, eólica, entre outras. O autor também aponta um crescimento expressivo, entre 1990 e 2010, das

patentes em energia eólica nos países médios que fazem parte da Agência Internacional de Energia e de patentes em hidrogênio e baterias nos grandes países. Karachalios *et al.* (2010) também analisa as patentes energéticas e demonstra que patentes em energia limpa (*Clean Energy Technologies*) cresceram, em média, 20% ao ano desde 1997 e ultrapassaram as patentes em fontes tradicionais de energia como combustíveis fósseis e energia nuclear.

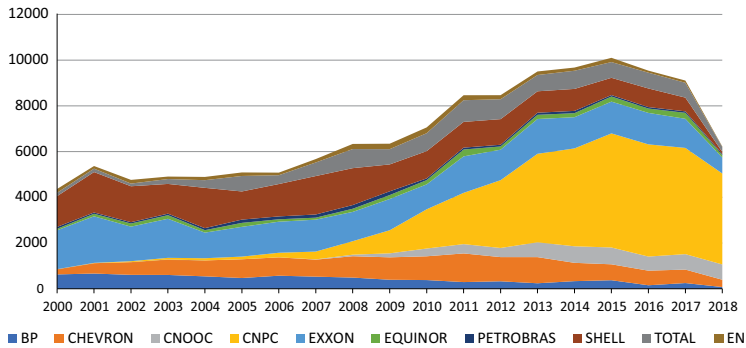
Para a análise das patentes das grandes petroleiras, foi utilizada a base de dados Patstat, do Escritório Europeu de Patentes e dela foram extraídas as patentes e modelos de utilidade cujos titulares são as dez maiores empresas do setor. Ao todo, entre 2000 e 2019, essas empresas depositaram, nos diversos escritórios internacionais, 132.981 patentes ou modelos de utilidade (a partir de agora, todas serão referidas apenas como patentes). Importante ressaltar que, nesse número estão todas as patentes individuais depositadas pelas empresas, mesmo que se refiram às mesmas tecnologias depositadas em mais de um escritório. Ou seja, não estão consideradas na análise as famílias de patentes, mas cada registro individual.

É fácil observar que, no início dos anos 2000, Shell e ExxonMobil eram as líderes absolutas em volume de patentes, com mais de 60% das patentes depositadas pelas dez grandes petroleiras (Gráfico 1.3). Chevron e Total vão ganhando importância relativa ao longo dos anos, mas, o que chama a atenção é a emergência da chinesa CNPC. A CNPC foi fundada em 1988 para atuar como responsável por toda a produção de petróleo *on shore* da China e, em 1999, fundou a sua subsidiária Petrochina, responsável pelo segmento de *upstream.* A partir do final dos anos 2000, o volume de patentes depositada pela empresa cresce exponencialmente e ela passa a representar mais da metade das patentes das petroleiras na segunda metade dos anos de 2010. Esse crescimento da CNPC se traduz no aumento da importância do escritório chinês nas patentes mundiais do setor de petróleo, que também passa a representar cerca de 60% de todas as patentes depositadas pelas empresas de petróleo.

Em síntese, o crescimento do número de patentes depositadas pelas grandes empresas petrolíferas a partir do final dos anos 2000 se deve, preponderantemente, a maior atividade tecnológica da CNPC. Quais as tecnologias nas quais essas empresas estão investindo e protegendo é a pergunta que tentaremos responder agora, a partir da análise mais aprofundada dessas patentes. As patentes registradas pelas empresas são classificadas, pelos escritórios internacionais ou pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual, segundo vários critérios. A principal

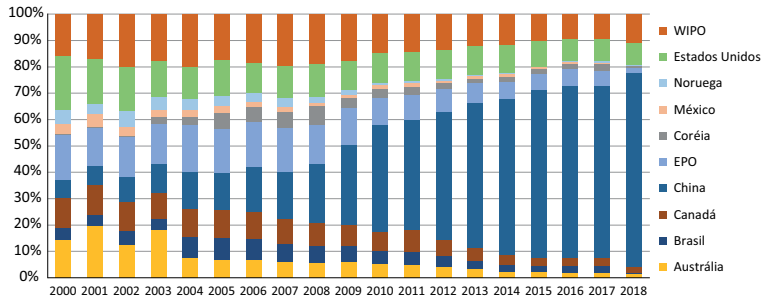
delas a classificação internacional de patentes (WIPO, 2020), que foi estabelecida pelo Acordo de Strasbourg, em 1971, e tem sido constantemente atualizada. Ela classifica, de forma hierárquica, as patentes em oito seções, subdivididas em mais de 70 mil grupos, de acordo com a área de conhecimento da tecnologia e sua utilização.

Gráfico 1.3 Número de patentes depositadas anualmente pelas dez maiores empresas do setor de petróleo (2000 a 2018)



Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020. Elaboração própria. Obs. Embora a base utilizada se refira a 2020, a atualização dos dados para os anos mais recentes não é imediata, o que explica queda no número de patentes observada em 2018 e, pela mesma razão, não são apresentados os dados de 2019.

Gráfico 1.4 Percentual de patentes depositadas anualmente pelas dez maiores empresas do setor de petróleo nos principais países de depósito (2000-2019)



Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020. Elaboração própria. Obs. Embora a base utilizada se refira a 2020, a atualização dos dados para os anos mais recentes não é imediata, o que explica a queda no número de patentes observada em 2018 e, pela mesma razão, não são apresentados os dados de 2019.

Numa primeira abordagem, utilizaremos neste trabalho a classificação de campos tecnológicos (Technological Fields), disponível nessa base de dados e construída a partir da IPC (Schmoch, 2008). Essa classificação agrega as patentes, a partir da classificação IPC, em mais de 30 campos tecnológicos distintos com base no tipo de tecnologia desenvolvida e tem por objetivo possibilitar comparações internacionais. Diferentemente do IPC, onde cada patente pode ser classificada em várias categorias, essa classificação é biunívoca.

As mais de 132 mil patentes depositadas pelas dez maiores empresas do setor de petróleo, entre 2000 e 2019, responderam por aproximadamente 4% do total de mais de 3,6 milhões de patentes depositadas no mundo entre 2000 e 2017 (Tabela 1.1)[8]. Entre as patentes das petroleiras, seus principais campos tecnológicos nesse período foram: (i) química dos materiais básicos; (ii) engenharia civil; (iii) química fina orgânica; (iv) química macromolecular e polímeros. Essas são as áreas de 60% das patentes depositadas pelas dez grandes petroleiras. Nessas áreas também, a participação das empresas do setor nas patentes mundiais é significativa. As empresas selecionadas respondem por cerca de 35% das patentes registradas na área de química dos materiais básicos e por mais de 20% nas outras três (engenharia civil, química fina orgânica e química macromolecular).

De modo geral, pode-se dizer que os campos tecnológicos onde a participação das empresas de petróleo é maior do que a média são as áreas de especialização tecnológica dessas empresas (Tabela 1.1). Além das já mencionadas, também são especializações das empresas do setor a Medição, a Engenharia Química, Materiais e Metalurgia além das Tecnologias Ambientais. Esta última merece destaque, por não se tratar, até algum tempo atrás, de uma área particularmente relevante para empresas de petróleo. As dez grandes petroleiras foram responsáveis por aproximadamente 7% do total de patentes em tecnologias ambientais protegidas no mundo no período recente. Por fim, os dez principais campos tecnológicos expressos na tabela representam, em seu conjunto, 86% das patentes depositadas por essas empresas nos últimos 19 anos.

Esses dados apontam, em alguma medida, certa especialização tecnológica das empresas em áreas mais importantes para o setor. Contudo, qual

[8] Os períodos não são perfeitamente comparáveis devido à defasagem nos registros de patentes e na divulgação dos dados pela OCDE. Contudo, como o objetivo aqui é ter uma avaliação de que campos tecnológicos são mais ou menos relevantes para as empresas petrolíferas, essa diferença de cobertura temporal é irrelevante.

a diferença entre elas em termos de suas especializações tecnológicas específicas? Para responder a essa pergunta, será calculado, para cada uma das empresas, um índice de vantagens tecnológicas reveladas. Esse índice é uma adaptação do indicador de vantagens comparativas reveladas, tradicionalmente aplicado ao comércio internacional (ver Balassa, 1965), que consiste na razão entre a participação de um país no comércio de um determinado produto e a participação desse mesmo país no comércio internacional como um todo. Esse indicador tem sido costumeiramente adaptado à análise de patentes, a fim de mensurar a especialização tecnológica dos países em determinadas tecnologias (Paci, Sassu e Usai, 1997).

Tabela 1.1 Número de patentes depositadas pelas grandes empresas petrolíferas (entre 2000 e 2019) e pelo resto do mundo (entre 2000 e 2017), segundo os dez principais campos tecnológicos das patentes das petroleiras

Campos tecnológicos	Petroleiras	% do total	Mundo*	Petroleiras/mundo
Química dos materiais básicos	25.600	19%	72.836	35%
Engenharia Civil	22.986	17%	93.846	24%
Química fina orgânica	18.727	14%	79.870	23%
Química macromolecular, polímeros	12.989	10%	61.584	21%
Medição	12.477	9%	164.740	8%
Engenharia Química	7.932	6%	69.847	11%
Materiais, metalurgia	3.822	3%	53.044	7%
Tecnologias ambientais	2.822	2%	40.095	7%
Campos não tecnológicos				
Elementos mecânicos	3.689	3%	113.749	3%
Tecnologias computacionais	3.286	2%	319.609	1%
Outros	18.651	14%	2.601.095	1%
Total	**132.981**	**100%**	**3.670.316**	**4%**

Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020 e OCDE (https://stats.oecd.org) para os dados do mundo. Elaboração própria. (*) Em julho/2021, quando foram consultadas, as estatísticas da OCDE para o mundo estavam disponíveis apenas até 2017.

Neste trabalho, o objetivo é comparar a especialização tecnológica de empresas participantes de um grupo selecionado: o das dez maiores petroleiras. Nesse sentido, o indicador será calculado como a razão entre a participação da empresa no patenteamento em um campo tecnológico e a sua participação no patenteamento total desse grupo. Uma razão acima de 1 indica uma especialização relativa da empresa naquele campo tecnológico. Por exemplo, a BP respondeu por 6% de todas as patentes registradas pelas dez grandes

petroleiras no período 2000 a 2019. Sua participação nas patentes de biotecnologia, por outro lado, foi de 22%, evidenciando uma maior competência ou especialização da empresa nessa área, *vis-à-vis* as outras nove empresas.

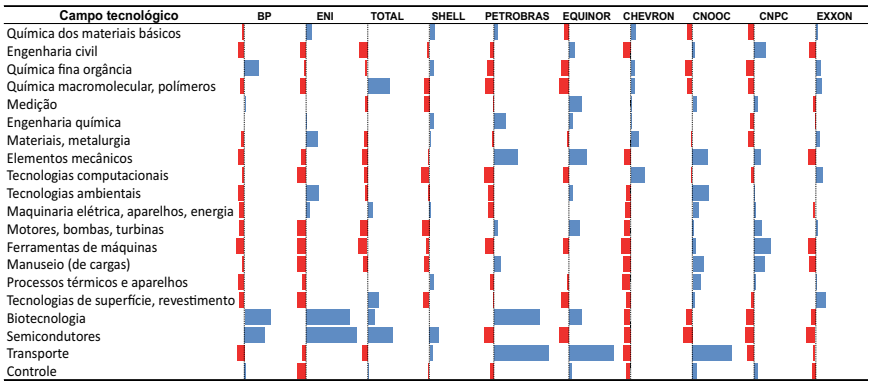
Um aspecto importante a se destacar e que a análise aqui apresentada não contempla subsidiárias que não receberam o nome das empresas. Dado que o critério de busca pelas patentes foi a ocorrência da *string* com o nome das empresas no campo dos titulares das patentes, é possível que algumas subsidiárias de todas elas tenham ficado de fora da busca. Contudo, essa foi a melhor opção metodológica encontrada para filtrar as patentes e, na maior parte dos casos, as subsidiárias assumem o nome das companhias-mãe.

Os resultados desse indicador para todas as empresas e para os 20 campos tecnológicos mais relevantes para o setor estão expressos no . Para facilitar a visualização gráfica, optou-se por subtrair 1 do indicador de vantagens tecnológicas reveladas. Assim, um resultado positivo indica uma especialização enquanto um resultado negativo indica que a empresa é relativamente menos competitiva na produção de tecnologias naquela área.

Analisando primeiramente os campos tecnológicos que são mais relevantes para o setor, a química de materiais básicos compreende petróleo, herbicidas, fertilizantes, gás entre outros. Assim, muitas das tecnologias utilizadas pelas empresas de petróleo, para caracterização (composição, estrutura, propriedades etc.) ou processamento do óleo e gás, estão nesse campo tecnológico. Segundo Hsu e Robinson (2017), na indústria do petróleo, independentemente do segmento – petroquímica, exploração e produção etc. – o entendimento molecular do petróleo e a atualização de processos é importante para o desenvolvimento tecnológico e para a melhoria dos processos e produtos. Nesse campo, destacam-se principalmente a Exxon e a Shell que respondem, cada uma, por cerca de 25% do total das patentes registradas pelas dez grandes na química de materiais básicos, além da Chevron, cuja participação nessas patentes é de 13%. Também possuem vantagens tecnológicas nesse campo, embora em menor medida, a Eni e a Petrobras.

A engenharia civil é o segundo campo tecnológico com o maior número de patentes das grandes petroleiras, em grande medida em virtude das chinesas CNOOC e CNPC, ambas especializadas nessa área. Juntas, as duas empresas responderam por aproximadamente 70% das patentes em engenharia civil das dez grandes no período considerado. A CNPC, maior destaque na área, possui uma subsidiária, a China Petroleum Engineering and Construction Corporation, voltada especificamente para a construção de refinarias, oleodutos e outras obras de infraestrutura relativas à indústria de óleo e gás.

Gráfico 1.5 Indicador de especialização tecnológica das grandes empresas petrolíferas e dos principais campos tecnológicos de patenteamento das empresas do seto (2000-2019)



Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020. Elaboração própria.

A química fina orgânica é a terceira área onde mais existem tecnologias patenteadas pelas empresas petrolíferas. De modo geral, essa área se refere preponderantemente a produtos farmacêuticos. Contudo, essa área também inclui uma diversidade de produtos largamente utilizados na indústria petrolífera, tais como reagentes, solventes, catalizadores e aditivos utilizados no processamento e refino de petróleo. Nessa área também estão uma série de processos relevantes para a indústria, como filtragem, separação de fases, destilação, entre outros. Nessa área, BP, Shell, Chevron e Exxon são as empresas com maior especialização tecnológica onde, juntas, respondem por mais 84% das patentes do conjunto das empresas analisadas.

Na área de química macromolecular e polímeros estão diversas tecnologias relacionadas aos aspectos químicos dessas macromoléculas, formadas a partir de reações de polimerização de moléculas menores. Na indústria de petróleo, as principais aplicações dos polímeros são como elementos da infraestrutura de extração e produção ou como ingredientes dos fluidos de perfuração[9]. A infraestrutura utilizada na exploração e produção de petróleo é submetida a condições extremamente adversas em termos de temperatura, pressão ou mesmo de exposição à produtos químicos corrosivos. O desenvolvimento de polímeros de alta *performance*, mais resistentes às condições encontradas em cada reservatório, é, portanto, um dos elementos fundamen-

[9] https://www.polymerexpert.biz/industries/184-oil-gas-exploration-production

tais para a infraestrutura de exploração e produção. Os fluidos utilizados na perfuração de poços, por sua vez, desempenham muitas funções importantes, entre as quais estão o fraturamento, o transporte e o depósito de partículas, a vedação de formação permeáveis que facilitam a cimentação e mantém a estabilidade do poço, entre outras[10]. Diversos polímeros podem ser desenvolvidos e utilizados como ingredientes desses fluidos de perfuração, emprestando características desejáveis para esses fluidos. Nas patentes desse grupo, destacam-se Total e Exxon, com 26% e 33% das patentes dessas empresas, respectivamente. A Chevron, que responde por 15% dessas patentes, também tem vantagens competitivas nessa área.

Tecnologias de medição compreendem diferentes técnicas e ferramentas destinadas a medir não apenas o fluxo de produção, como também propriedades físicas e químicas relevantes para o processo produtivo. Nessa área, Equinor, CNOOC e, principalmente a CNPC, que responde por 39% das patentes na área, possuem comparativamente mais patentes que em outros campos tecnológicos.

A engenharia química é um campo que está na fronteira entre a química e a engenharia e diz respeito aos equipamentos e processos para a produção industrial de produtos químicos. Esses equipamentos e processos são utilizados para gerenciar e controlar sistemas em plantas industriais, a fim de garantir a transformação de óleo cru nos seus derivados. Essa é uma área na qual Petrobras, Shell e Equinor possuem vantagens tecnológicas em relação as demais empresas, sendo que a Shell responde por 24% das patentes das empresas petrolíferas nessa área.

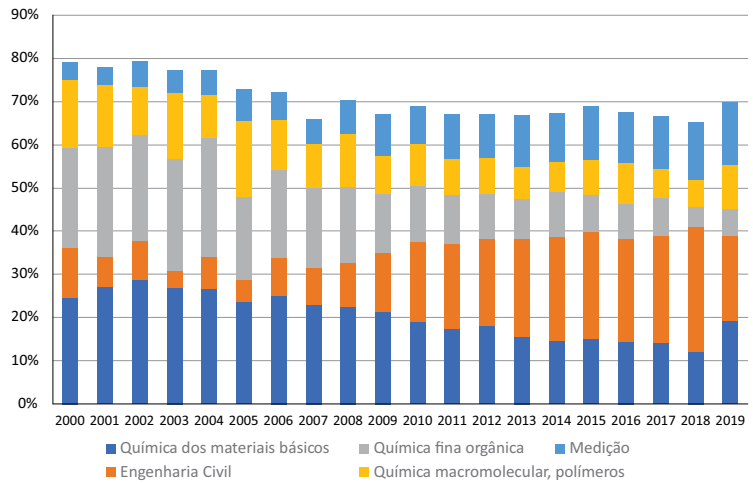
As patentes em materiais e metalurgia, por sua vez, dizem respeito tanto a metais, quanto cerâmicas, vidros e processos de fabricação desses materiais. Na indústria de petróleo, o desenvolvimento de novos materiais, mais resistentes à corrosão por altas pressões e/ou temperatura, é uma variável crítica para o sucesso da exploração e produção. Essa é a área em que Eni, Chevron e Exxon são relativamente mais competitivas, sendo que as duas últimas respondem, conjuntamente, por quase 50% das patentes das grandes petroleiras nessa área.

As cinco principais áreas tecnológicas de especialização das grandes petroleiras respondiam por 80% das patentes dessas empresas no início dos anos 2000 e por cerca de 70% do total em 2019 (Gráfico 1.6). Elas também têm se mantido praticamente as mesmas ao longo dos últimos 20 anos, com duas

[10] Idem

notáveis exceções. Em primeiro lugar, há um crescimento expressivo do patenteamento em engenharia civil, em decorrência principalmente do crescimento, já mencionado, da CNPC. Há também um crescimento, em menor intensidade, das patentes na área de medição. O crescimento da participação das patentes dessas duas áreas foi acompanhado pela queda de importância relativa de áreas antes tradicionais para as empresas petrolíferas: as áreas químicas.

Gráfico 1.6 Percentual da evolução da participação das principais áreas tecnológicas no patenteamento das grandes empresas petrolíferas (2000-2019)



Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020. Elaboração própria.

A análise dessas grandes áreas tecnológicas ajuda a compreender os movimentos mais gerais na evolução da produção de tecnologias no setor de petróleo. Contudo, para melhor compreender aspectos mais sutis dessa evolução, é necessária uma análise mais refinada e precisa, o que se pretende fazer nas próximas seções.

1.3 Patenteamento de Tecnologias Verdes e de Inteligência Artificial

Como vimos, um dos principais desafios tecnológicos do setor de petróleo está relacionado com seus impactos ambientais e com a redução de emissões.

A análise das patentes por campo tecnológico mostrou que, nos últimos 20 anos, as dez grandes empresas petrolíferas respondem por 7% das patentes totais em tecnologias ambientais, o que é mais do que a participação dessas empresas no total mundial de patentes. Evidência, portanto, de que as empresas petrolíferas parecem estar construindo algum tipo de especialização tecnológica nesse tipo de patente *vis-à-vis* as demais empresas.

De fato, muitos estudos têm reportado uma transição energética das empresas petrolíferas. Pickl (2019), por exemplo, relata investimentos consideráveis das grandes companhias petrolíferas em energias renováveis, argumentando que isso seria uma evidência de uma transição para empresas energéticas. Segundo o autor, a Shell fez investimentos significativos na área, com a criação de uma divisão para novas energias, em 2016, e com participação acionária em diversas empresas de energias renováveis. A ExxonMobil, por sua vez, não teria mostrado interesse em renováveis, focando apenas na redução de emissões e em algumas tecnologias de captura de carbono, o que gerou críticas por parte de ativistas ambientais. A Chevron também fez investimentos modestos na área, segundo o autor, sem uma estratégia clara ou objetivos ousados. Segundo a análise do autor, Shell, Equinor e Total estariam na liderança no processo de se transformar de empresas típicas de petróleo para companhias de produção de energia de forma ampla. Boa parte da análise do autor baseia-se na análise dos anúncios de investimentos e participações realizados pelas empresas ou disponíveis nos relatórios anuais das companhias.

Outra forma de aferir a importância das energias renováveis no portfólio das empresas petrolíferas é a partir da análise de suas patentes. Mais do que analisar apenas energias renováveis, o objetivo aqui é avaliar em que medida tem ou não crescido a relevância de tecnologias verdes ou sustentáveis no portfólio tecnológico das grandes empresas petrolíferas. Em outras palavras, as empresas petrolíferas estão produzindo tecnologias para se tornarem mais sustentáveis?

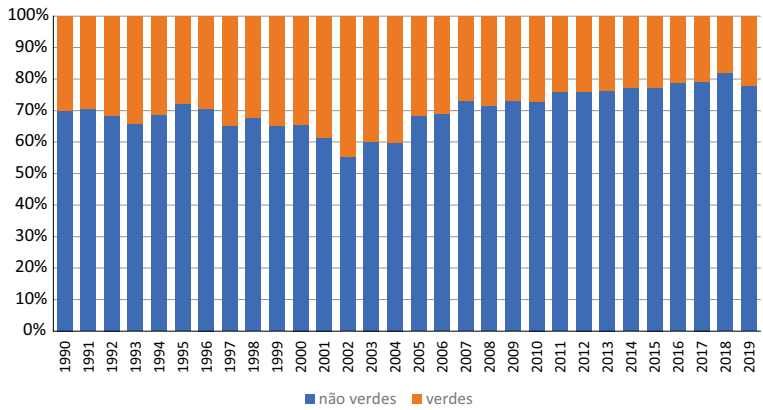
Para fazer isso, utilizamos a classificação de patentes verdes feita pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI)[11], que classifica patentes dispersas nos mais diversos campos tecnológicos em patentes ambientalmente saudáveis.

O mostra a participação percentual das patentes consideradas verdes, pelo inventário da OMPI, no total de patentes depositadas pelas grandes empresas petrolíferas entre 1990 e 2019. Podemos observar que esse per-

[11] https://www.wipo.int/classifications/ipc/green-inventory/home.

centual cresceu até 2002, chegando a mais de 40% do total de patentes e começou a declinar desde então. Ainda assim, no final dos anos 2010, as patentes verdes representavam mais de 20% do total de patentes depositadas por essas empresas. A maior parte das patentes verdes depositadas entre 1990 e 2019 pertence aos campos tecnológicos da química dos materiais básicos, da química fina orgânica, da engenharia civil e das tecnologias ambientais.

Gráfico 1.7 Percentual da evolução da participação de patentes verdes no total de patentes registradas pelas maiores petroleiras (2000-2019)



Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020. Elaboração própria.

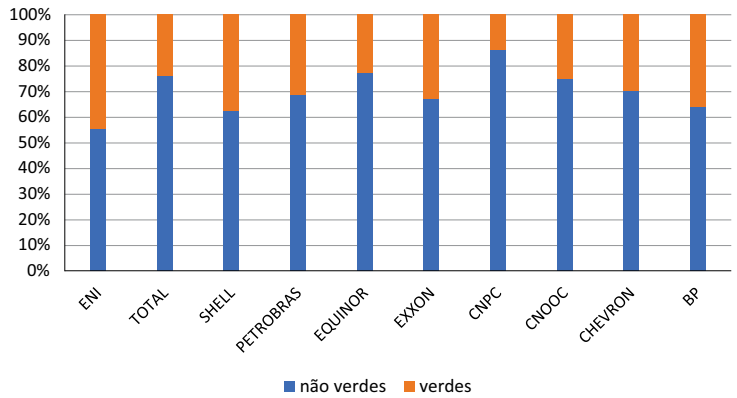
Entre 2000 e 2019, foram mais de 130 mil patentes depositadas pelas grandes empresas do setor, sendo que pouco mais de 27% delas foram classificadas como patentes verdes, ou quase 36 mil. Entre as empresas que mais depositaram patentes consideradas verdes estão a Eni, com mais de 40% do total de patentes, além da Shell e da BP, ambas com quase 40% de patentes consideradas verdes.

Outra área que vem ganhando relevância no mundo todo, não apenas no setor de petróleo, é a Inteligência Artificial. Com o crescimento da disponibilidade de dados e informações, nas mais diversas áreas, passou a ser possível utilizar o aprendizado de máquina para tratar de modo mais eficiente grandes conjuntos de informação.

A indústria do petróleo é prolífica na geração de dados e informações, especialmente no segmento de exploração de novos reservatórios de petró-

leo. A Inteligência Artificial poderia ser uma importante aliada das empresas no tratamento de dados sísmicos e outras informações que possam auxiliar na caracterização e estimação de volume de óleo disponível nos reservatórios.

Gráfico 1.8 Percentual de patentes verdes no total de patentes registradas por cada uma das dez maiores petroleiras (2000-2019)

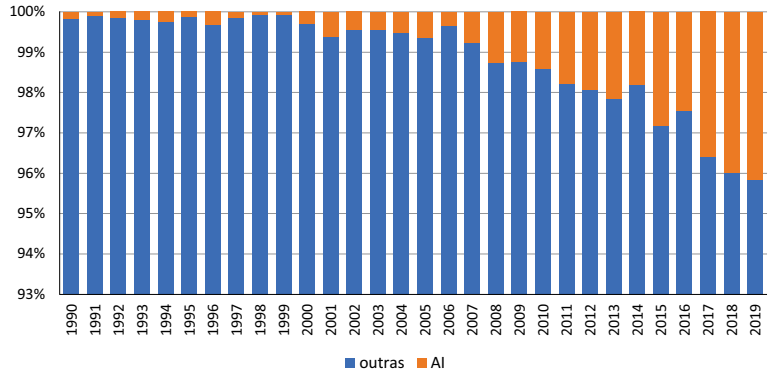


Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020. Elaboração própria.

Para classificar as patentes em patentes de Inteligência Artificial, foram buscadas, dentro dos títulos das patentes, termos e palavras-chave relativas à área. Esses termos foram elencados em um documento da OCDE (Baruffaldi *et al.,* 2020) que procurou caracterizar os termos da área a partir de métodos bibliométricos e de patentes publicadas. Com essa abordagem, foram encontradas pouco mais de 2.400 patentes relacionadas à inteligência artificial, entre as depositadas pelas empresas analisadas, no período de 1990 a 2019.

Apesar de ainda representarem muito pouco (pouco mais de 4% em 2019) das patentes depositadas pelas empresas do setor, as patentes de IA tem crescido significativamente desde o final dos anos 2000. Entre as dez maiores empresas, as com maior percentual de patentes na área são as chinesas (CNOOC e CNPC), seguidas pela Exxon.

Gráfico 1.9 Percentual da participação de patentes relativas à inteligência artificial no total de patentes registradas pelas grandes petroleiras (1990 a 2019)



Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020. Elaboração própria.

1.3.1 Análise de *clusters* de patentes

Os resultados mostram que as patentes podem, fundamentalmente, serem divididas em 25 grupos tecnológicos que guardam alto grau de homogeneidade entre as patentes membros de um mesmo grupo, e diferença consistente entre membros de grupos distintos. A Tabela 1.2 indica uma proposta de taxonomia e estatísticas básicas acerca dessa classificação.

A taxonomia para rotulação dos grupos baseou-se nas palavras mais frequentes apresentadas em um determinado *cluster*. Nuvens de palavras foram geradas para cada um dos *clusters* de modo que fosse possível visualizar melhor a recorrência de termos mais frequentes nos grupos.

De acordo com o procedimento e taxonomia propostos, o *cluster* que reuniu a maior parte das patentes foi o *cluster* **de tecnologias das atividades operacionais de Extração, Produção e Petroquímica**. Neste grupo, o conteúdo tecnológico das patentes se concentra em soluções de produto e processo para as atividades operacionais cotidianas das petroleiras. Nesse sentido, nada mais factível do que reunir quase metade do total de patentes do grupo. Dentre os tipos de patentes que podem ser vistos neste grupo, há patentes sobre a estrutura da plataforma de extração, os equipamentos utilizados para conduzir os produtos às plataformas, métodos de geração de energia para operar esses equipamentos através de reatores e células solares, cabos, válvulas, braçadeiras, encaixes, métodos de pressurização para aumento da extração/produção e tratamentos necessários para a extração e separação

de impurezas (tanto físicas quanto químicas) dos produtos extraídos e para seu armazenamento. Este grupo reúne um conjunto de patentes que engloba tanto as técnicas padrões quanto as aprimoradas de recuperação de Petróleo, Gás e derivados e está predominantemente ligada às atividades do início da cadeia de exploração e produção das petroleiras.

Tabela 1.2 Número de patentes depositadas pelas grandes empresas petrolíferas (entre 2000 e 2019) segundo taxonomia tecnológica após procedimento de clusterização por k-means

Taxonomia para os Clusters	Número	Titulares (média)	Inventores (média)	% IA	% Verdes
Tecnologias Operacionais de Extração, Produção e Petroquímica	68.407	2	5	1,9%	25,8%
Tecnologia em Catalisadores (o produto)	5.436	2	5	0,1%	36,9%
Tecnologia em Gases	5.300	2	5	1,8%	43,0%
Tecnologias para Poços	5.183	1	7	2,8%	12,6%
Tecnologia de Polímeros e família – ileno	4.002	2	4	0,2%	8,4%
Tecnologia de Engenharia e Química Pesada para Hidrocarbonetos	3.637	2	4	1,1%	52,5%
Tecnologias de Grandezas Físicas Extremas	3.476	2	5	1,0%	29,6%
Tecnologias de Perfuração	3.289	2	6	1,7%	4,8%
Tecnologias voltadas para uso, manejo e tratamento de água.	3.238	1	7	3,1%	37,5%
Tecnologias com Fluidos	2.970	2	4	1,8%	24,0%
Tecnologia em Líquidos	2.752	2	5	0,8%	36,4%
Tecnologia em Dutos e Canos	2.672	1	7	1,5%	7,1%
Tecnologias de Análise Sísmica	2.353	2	3	**14,2%**	1,1%
Tecnologias dos Componentes de Fabricação de Lubrificantes Básicos	2.241	2	3	0,4%	14,2%
Tecnologias de Processos de Catálise	2.019	2	4	0,0%	44,6%
Tecnologias em Processo de Transformação de Olefinas (Polimerização, Oligomerização etc.)	2.017	2	4	0,0%	12,3%
Tecnologia de Engenharia e Química Fina de Hidrocarbonetos	1.956	2	4	0,5%	51,7%
Tecnologia de Filtros e Peneiras	1.894	2	4	0,1%	36,5%
Tecnologias de Método de *Fischer-Tropsch*	1.764	2	3	0,0%	**82,0%**
Tecnologias de Oleodutos	1.588	1	7	3,5%	4,8%
Tecnologias para Produção de Olefinas (o produto)	1.388	2	4	0,0%	34,3%
Tecnologias de controle de Calor	1.362	2	5	1,0%	33,3%
Tecnologias para Otimização e Aprimoramento de Lubrificantes	1.349	2	3	0,0%	23,8%
Tecnologias de Produtos e Métodos para Químicos Orgânicos	872	2	3	0,3%	30,6%
Tecnologias para Sulfurados	869	2	4	0,1%	**65,8%**
Sem Classificação	**5.436**	1	4	0,3%	25,0%
Geral	**132.981**	**1**	**5**	1,8%	28,4%

Fonte: Elaboração Própria a partir da Base Geral de Patentes derivada da Patstat2020.

Em seguida, os grupos de *clusters* tecnológicos que mais se destacam são os de **tecnologias para criação/aprimoramento de catalisadores, tecnologia para Gases e tecnologias de Poços**. É importante destacar que no caso dos catalisadores há duas frentes tecnológicas, que se complementam, mas apresentam características distintas. Uma frente reside em tecnologias voltadas para a descoberta de novos catalisadores e aprimoramento dos existentes, e a outra voltada para métodos novos e eficientes de utilização destes ou demais catalisadores. Patentes para o segundo caso foram classificadas como **tecnologias para o processo de catálise**, e diante do número de patentes alocados em cada *cluster*, as maiores petroleiras possuem maior atividade para o desenvolvimento ou aprimoramento dos catalisadores do que para sua utilização em processos de catálise. **O *cluster* de tecnologias para gases** engloba não apenas patentes de tecnologias voltadas para produção/extração de gás natural, como também para tratamento, separação e síntese de outros gases predominantemente orgânicos. O *cluster* **de tecnologias para poços** difere do *cluster* de atividades operacionais, sobretudo porque engloba tecnologias voltadas para exploração de poços não convencionais, como poços horizontais, por exemplo, que apresentam outros tipos de desafios de operacionalidade.

Em linha com os levantamentos bibliográficos acerca das fronteiras tecnológicas das petroleiras apontadas nas seções anteriores, o papel que tecnologias em *big data* e análise de dados têm exercido na geração de novas tecnologias do setor de petróleo pode ser percebido por meio da produção de um *cluster* cujas patentes se concentram em **tecnologias de análise sísmica.** Esse *cluster* possui a maior proporção de patentes caracterizadas como usuárias de ferramentas de Inteligência Artificial, representando cerca de 14,2% das patentes deste grupo, e envolve patentes bastante dedicadas ao desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de estimação de reservas, perfilação de poço, análise de comportamento sísmico de reservatórios e outras tecnologias de medição e simulação dependentes de grande conjunto de dados.

Dentro da linha de tecnologias verdes, o *cluster* de **tecnologia para compostos sulfurados e tecnologias de processo de *Fischer-Tropsch*** são os que apresentam maior percentual de patentes caracterizadas como usuárias de tecnologias do inventário verde. O processo de *Fischer-Tropsch* é um conjunto de técnicas de processamento químico para a produção de hidrocarbonetos líquidos como gasolina, querosene, lubrificantes a partir de gás de síntese. O gás de síntese é basicamente formado por monóxido de carbono. Quando do surgimento desta técnica, ela foi largamente utilizada em carvão, madeira ou outras fontes ricas em carbono. Atualmente há um grande investimento

para desenvolvimento de técnicas economicamente viáveis de aplicação do método, sobretudo para aplicação em Gás Natural. Esta tecnologia é largamente intensiva na utilização de catalisadores e processos de catálise, o que indiretamente influencia o elevado percentual de utilização de tecnologias verdes para os ***clusters*** **de tecnologias para gases, para catalisadores e métodos de catálise.**

A despeito da disparidade do número de patentes entre os *clusters,* e a predominância do patenteamento no *cluster* das atividades operacionais, cada petroleira tende a dar maior ênfase às tecnologias que possuem maior domínio tecnológico ou vantagens comparativas. Neste sentido, o número de patentes pode não significar muita coisa se um determinado *cluster* possuir inúmeras patentes, mas com pouco conteúdo tecnológico ou apenas aprimoramentos de métodos existentes. De um lado, uma empresa petrolífera pode ter um domínio tecnológico disruptivo concentrado em determinado grupo tecnológico e expresso em poucas patentes. Por outro lado, ela pode patentear proporcionalmente mais em determinada tecnologia do que a proporção que ela representa no patenteamento total do grupo e até de seu estoque total de patentes.

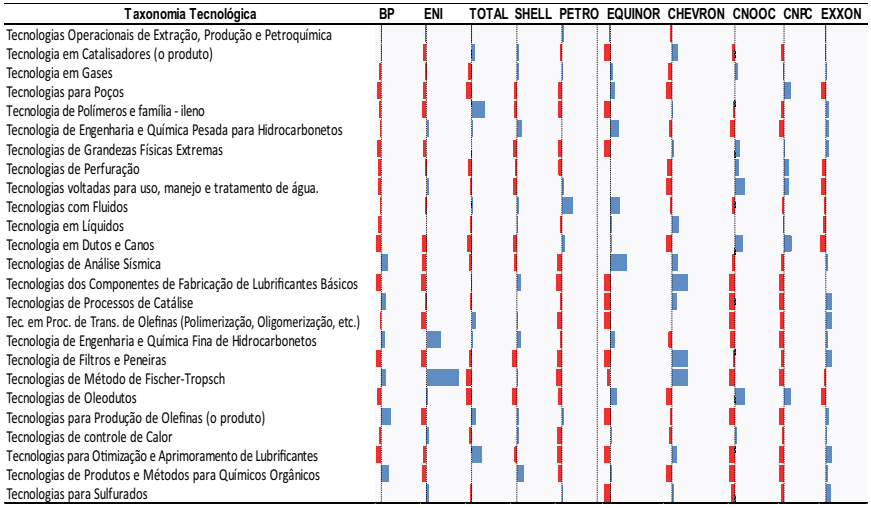
Com vistas a avaliar quais tecnologias essas empresas possuem maior vantagem comparativa, foi gerado um conjunto de indicadores de especialização tecnológica que estão dispostos no Gráfico 1.10.

A partir dos dados apresentados no Gráfico 1.10, é possível notar que, entre 2000 e 2019, as três principais tecnologias que a BP mais patenteou proporcionalmente foram as (i) Tecnologias para Produção de Olefinas (o produto), (ii) Tecnologias de Produtos e Métodos para Químicos Orgânicos e (iii) Tecnologias de Análise Sísmica. A Shell, por sua vez, possui como os três *clusters* com maior vantagem comparativa aqueles cujas patentes foram classificadas em (i) Tecnologias de Produtos e Métodos para Químicos Orgânicos, (ii) Tecnologia de Engenharia e Química Pesada para Hidrocarbonetos e (iii) Tecnologias dos Componentes Bases para Fabricação de Lubrificantes. Outra empresa europeia com forte atuação no Mar do Norte, a norueguesa Equinor, predomina suas vantagens comparativas em (i) Tecnologias de Análise Sísmica, (ii) Tecnologias de Fluidos e Tecnologia de Engenharia e (iii) Química Pesada para Hidrocarbonetos.

Ao avaliar as outras empresas petrolíferas europeias de menor presença no Mar do Norte, a francesa Total possui maior vantagem comparativa nas patentes classificadas nos *clusters* de (i) Tecnologia de Polímeros, (ii) Tecnologias para Otimização e Aprimoramento de Lubrificantes e (iii) Tecnologias para

Produção de Olefinas. A italiana Eni tem como três principais vantagens comparativas patentes das áreas de (i) Tecnologias de Método de *Fischer-Tropsch*, (ii) Tecnologia de Engenharia e Química Fina de Hidrocarbonetos e (iii) Tecnologias para compostos Sulfurados. A Eni desponta entre as empresas que mais patenteia em tecnologias de conteúdo verde.

Gráfico 1.10 Indicador de Especialização tecnológica das grandes empresas petrolíferas, segundo a taxonomia dos *clusters* tecnológicos das patentes do setor de petróleo (2000-2019)



Fonte: EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) – spring edition – 2020. Elaboração própria.

No caso das empresas americanas, a Chevron desponta com a maior vantagem comparativa no patenteamento em Tecnologias dos Componentes Básicos de Fabricação de Lubrificantes, nas Tecnologia de Filtros e Peneiras e nas Tecnologias de Método de *Fischer-Tropsch*. Importante lembrar que a Chevron é dona da Texaco, que é uma das empresas com maior tradição em fabricação de lubrificantes do mundo. A outra grande empresa de petróleo americana, a ExxonMobil, possui maiores vantagens comparativas no patenteamento de Tecnologias de Processos de Catálise, Tecnologias de Processo de Transformação de Olefinas (Polimerização, Oligomerização etc.) e Tecnologias para Otimização e Aprimoramento de Lubrificantes.

Partindo para as chinesas, a CNOOC tem patenteado mais que proporcionalmente em Tecnologias voltadas para Oleodutos, Tecnologias voltadas para uso, manejo e tratamento de água e Tecnologia em Dutos e Canos. A CNPC, por

sua vez, apresenta maiores índices de vantagem comparativa em Tecnologia em Dutos e Canos, Tecnologias para Poços e Tecnologias de Oleodutos.

Por fim, a Petrobras, apresenta os três maiores índices no patenteamento em Tecnologias com Fluidos, Tecnologia em Dutos e Canos e Tecnologia para Produção de Olefinas.

É possível notar um sutil padrão tecnológico em relação às petroleiras a depender do tipo de mercado que elas atendem ou à região que dedicam maior parte de seus processos de Produção e Exploração. As três maiores atuantes do mar do Norte, BP, Equinor e Shell, compartilham vantagens no patenteamento das áreas Químicas, e aquelas que efetivamente mais exploram as bacias do mar do Norte, BP e Equinor, também possuem produção significativa nas tecnologias de análise sísmica, que demandam muita Inteligência Artificial para prospecção e recuperação de hidrocarbonetos em alto mar.

No caso das petroleiras da Europa Atlantico-Mediterranica (Eni e Total), são situações completamente opostas. Por um lado, a Eni desponta com uma dinâmica de patenteamento em tecnologias predominantemente verde, a Total, por outro lado, investe em atividades tecnológicas mais tradicionais em suas patentes.

Em relação às americanas, as patentes são mais presentes em tecnologias associadas a lubrificantes ou processos diretos ou acessórios para obtenção de petróleo de fontes alternativas, como é o caso do Método de *Fischer-Tropsch* que é bastante intensivo no uso de catalisadores. Este padrão tecnológico pode estar associado com a fonte de extração de hidrocarbonetos nos EUA, onde as tecnologias têm cada vez mais evoluído para a obtenção de derivados a partir de xisto betuminoso e extração em terra.

As chinesas são mais *sui generis*, apresentando um perfil mais voltado para infraestrutura e construção civil. A Petrobras, por sua vez, parece ser um meio termo entre as européias do mar do Norte e as chinesas em termos de patenteamento.

Considerações Finais

Os desafios tecnológicos tradicionais do setor de petróleo e gás passam pela exploração intensiva dos reservatórios existentes e pela descoberta de novos reservatórios cada vez mais profundos e difíceis de serem acessados. Para isso, novas tecnologias de prospecção e exploração são fundamentais. Nos últimos anos, o setor também se depara com crescentes pressões ambientais voltadas à redução das emissões, o que tem gerado novos e relevantes desafios tecnológicos para as empresas. Por essa razão, algumas empresas declaram estar

investindo significativamente em pesquisas sobre novas fontes de energia e em transição energética.

O objetivo desse Capítulo foi avaliar, à luz desses desafios tecnológicos, a evolução dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) das empresas do setor de petróleo e gás e, principalmente, a evolução de suas patentes. Buscou-se, a partir da caracterização dessas patentes, algumas pistas sobre quais tecnologias estão efetivamente sendo produzidas por essas empresas.

As empresas selecionadas para essa análise foram as dez maiores empresas do setor e respondem por mais de 40% dos investimentos em P&D de todo o setor de petróleo e gás. Um fato novo do período recente e que merece destaque é o crescimento da participação das empresas chinesas tanto no volume de investimentos em P&D quanto no patenteamento. A gigante chinesa CNPC representa hoje cerca de 40% dos investimentos em P&D das grandes empresas do setor. Em termos de patenteamento, a empresa passou de quase nada para mais de 60% de todas as patentes depositadas por esse grupo de grandes empresas.

As mais de 132 mil patentes depositadas grandes empresas do setor de petróleo respondem por aproximadamente 4% do total de patentes depositadas e estão concentradas em alguns campos tecnológicos principais, entre os quais: (i) Química dos Materiais Básicos; (ii) Engenharia Civil; (iii) Química Fina Orgânica; (iv) Química Macromolecular e Polímeros. Essas são as áreas de 60% das patentes depositadas pelas dez grandes petroleiras. O crescimento da participação das chinesas na atividade de patenteamento fez crescer a participação de patentes em Engenharia Civil, campo de especialidade da CNPC.

A análise por campos tecnológicos não diz muito sobre as tecnologias específicas sendo desenvolvidas pelas empresas. Por isso, foi realizada uma análise de *cluster* com base em métodos de processamento de linguagem natural a fim de classificar as patentes com base nos seus títulos e resumos. Essa análise de *cluster* mostrou uma preponderância da atividade de patenteamento em tecnologias de exploração e produção, que representam os desafios tecnológicos tradicionais no setor de petróleo. Outra área de destaque foi o desenvolvimento de catalisadores, também uma área tecnológica tradicional do setor. Ou seja, a partir da análise das patentes, não parece haver uma mudança nas estratégias tecnológicas das grandes empresas em direção à novas fontes de energia ou a tecnologias mais sustentáveis. Isso é corroborado pela participação das chamadas "patentes verdes" no total das patentes depositadas pelas empresas. Essa participação foi crescente até o início dos anos 2000, quando atingiu cerca

de 40% do total de patentes depositadas por essas empresas e passou a cair, chegando em 2018, a pouco mais de 20% do total.

Uma área em ascensão nas patentes das empresas do setor é a de Inteligência Artificial que, embora ainda represente muito pouco do total das patentes (menos de 5%) tem crescido de forma sustentada nos últimos anos. Particularmente, a Inteligência Artificial tem sido aplicada nas tecnologias de análise sísmica, onde cerca de 15% das patentes são de alguma forma relacionadas com a Inteligência Artificial.

A aplicação de análise de *cluster* lançou luz às tecnologias desenvolvidas pelas empresas do setor, o que sugere que essa metodologia pode ser melhorada e aprofundada a fim de identificar tendências tecnológicas relevantes. O que se pode constatar até o momento, a partir dessa análise, é que a despeito de um discurso que enfatiza a necessidade de transição energética, as empresas do setor continuam focando suas atividades de pesquisa nas tecnologias tradicionais, voltadas a ampliar a eficiência dos métodos de exploração e produção.

Referências

Balassa, B. 1965. "Trade liberalisation and 'revealed' comparative advantage". *The manchester school* 33 (2): 99-123.

Barney, L 2015. "How Supercomputers Aid Oil and Gas Seismic Research". Research & Development World. 6 de outubro de 2015. https://www.rdworldonline.com/how-supercomputers-aid-oil-and-gas-seismic-research/.

Baruffaldi, S. et al. 2020. "Identifying and Measuring Developments in Artificial Intelligence: Making the Impossible Possible", maio. https://doi.org/10.1787/5f65ff7e-en.

Bointner, R. 2014. "Innovation in the Energy Sector: Lessons Learnt from R&D Expenditures and Patents in Selected IEA Countries". *Energy Policy* 73 (outubro): 733-47. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.06.001.

Capocelli, M. 2018. "Research Highlights in New Catalytic Technologies". Oil&Gas Portal. 2018. http://www.oil-gasportal.com/research-highlights-in-new-catalytic-technologies/.

Choi, Y.; Lee, C.; Song, J. 2017. "Review of renewable energy technologies utilized in the oil and gas industry". *International Journal of Renewable Energy Research* 7 (junho): 592-98.

Cohen, M. 2017. "5 Innovative Technologies Changing Maintenance Management in the Oil and Gas Sector". 2017. https://info.qii.ai/blog/5-innovative-technologies-changing-maintenance-management-in-the-oil-and-gas-sector.

Dome Energy. 2014. "How 3D Seismic Imaging Revolutionized the Drilling Industry". Dome Energy. 2014. https://www.domeenergy.com/3d-seismic-imaging-changed-drilling-industry/.

Hassani, H.; Silva, E. S.; Al Kaabi, A. M. 2017. "The Role of Innovation and Technology in Sustaining the Petroleum and Petrochemical Industry". *Technological Forecasting and Social Change* 119 (junho): 1-17. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.03.003.

Hsu, C. S.; Robinson, P. R. 2017. *Springer Handbook of Petroleum Technology*. Springer.

IEA. 2020. "World Energy Investment 2020". https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020.

Karachalios, K. et al. 2010. "Patents and Clean Energy: Bridging the Gap between Evidence and Policy". München: Development (ICTSD).

Martinotti, S.; Nolten, J.; Steinsbø, A. 2014. "Digitizing oil and gas production". Mackinsey. https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/digitizing-oil-and-gas-production#.

Mawji, O. 2016. "The Crude Crash Has Created Oil's Technological Superpowers". OilPrice.Com. 2016. https://oilprice.com/Energy/Crude-Oil/The-Crude-Crash-Has-Created-Oils-Technological-Superpowers.html.

Mitchell, J. V.; Marcel, V.; Mitchell, B. 2012. *What next for the Oil and Gas Industry?* London: Chatham House.

Mohammadpoor, M.; Torabi, F. 2020. "Big Data Analytics in Oil and Gas Industry: An Emerging Trend". *Petroleum*, SI: Artificial Intelligence (AI), Knowledge-based Systems (KBS), and Machine Learning (ML), 6 (4): 321-28. https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.11.001.

Paci, R.; Sassu, A.; Usai, S. 1997. "International Patenting and National Technological Specialization". *Technovation* 17 (1): 25-38. https://doi.org/10.1016/S0166-4972(96)00065-X.

Padmanabhan, V.; Garnier, G.; Addas, A. 2014. "Big Data Analytics in Oil and Gas: Converting the Promise into Value". Bain. 9 de dezembro de 2014. https://www.bain.com/insights/big-data-analytics-in-oil-and-gas-converting-the-promise-into-value-egypt-daily-news/.

Pellegrini, L.; Lazzarotti, V.; Pizzurno, E. 2012. "From outsourcing to Open Innovation: A case study in the oil industry". *International Journal of Technology Intelligence and Planning* 8 (junho): 182-96. https://doi.org/10.1504/IJTIP.2012.048476.

Perrons, R. K. 2014. "How Innovation and R&D Happen in the Upstream Oil & Gas Industry: Insights from a Global Survey". *Journal of Petroleum Science and Engineering* 124 (dezembro): 301-12. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2014.09.027.

Pickl, M. J. 2019. "The Renewable Energy Strategies of Oil Majors – From Oil to Energy?" *Energy Strategy Reviews* 26 (novembro): 100370. https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100370.

REN21. 2019. "Renewables 2019 global status report".

Rodrigues, L. A. 2016. "Cenários Econômico-Financeiros da Produção em Campos do Pré-Sal sob Distintos Regimes Regulatórios". Text, Universidade de São Paulo. https://doi.org/10.11606/T.106.2017.tde-13022017-100551.

Schmoch, U. 2008. "Concept of a Technology Classification for Country Comparisons". Geneva: World Intelectual Property Organization (WIPO).

Sider, A.; Ailworth, E. 2015. "Oil Companies Tap New Technologies to Lower Production Costs". *Wall Street Journal*, 14 de setembro de 2015, seç. Business. https://www.wsj.com/articles/oil-companies-tap-new-technologies-to-lower-production-costs-1442197712.

Urstadt, B. 2006. "The Oil Frontier". *MIT Technology Review* 109 (3). https://www.technologyreview.com/2006/07/01/228694/the-oil-frontier/.

Weijermars, R. 2009. "Accelerating the Three Dimensions of E&P Clockspeed – A Novel Strategy for Optimizing Utility in the Oil & Gas Industry". *Applied Energy* 86 (10): 2222-43. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.01.019.

WIPO. 2020. "Guide to the International Patent Classification". https://doi.org/10.34667/tind.42003.

Zitha, P. et al. 2011. "Increasing-hydrocarbon-recovery-factors". Society of Petroleum Engineers. 2011. https://www.spe.org/en/industry/increasing-hydrocarbon-recovery-factors/.

2

Petrobras e a Ciência no Brasil

João Alberto De Negri
Patrick Franco Alves
Eric Jardim Cavalcante

2.1 Ciência no Brasil

O perfil da produção científica brasileira de artigos em revistas acadêmicas é ainda muito heterogêneo. Nas últimas décadas, em especial a partir dos anos de 1990 houve um crescimento substantivo do número de artigos científicos, crescimento que foi realizado a uma taxa superior à de diversos países no mundo. No entanto, o crescimento em quantidade de artigos científicos publicados não foi acompanhado pelo crescimento qualitativo mensurado por meio de diversos fatores de impacto das publicações.

Em algumas áreas como medicina, farmacologia, toxicologia e farmacêutica, química e física a produção científica brasileira avança mais rapidamente do que outras éreas. Zago (2011) observa que apesar dos saltos recentes, o Brasil encontra-se em um quadrante inferior ao mundo quando são observadas conjuntamente as informações relativas ao *rank* de qualidade e quantidade. De acordo com as informações do autor Estados Unidos, China,

Inglaterra e Alemanha lideram entre os cinco melhores colocados no *rank* de qualidade e quantidade de artigos científicos. A França, Japão Canadá, Itália e Espanha estão posicionadas no entre a quinta e a décima colocação nos *rank* do número total de publicação e no indicador de qualidade científica. O Brasil ocupa posição pouco superior a decima quinta posição na quantidade de artigos publicados, mas é praticamente o vigésimo colocado no *rank* de qualidade dos artigos científicos.

Há necessidade de criação de novos padrões de organização bem como de gestão da produção científica e tecnológica. Equipes multidisciplinares e o investimento em novas áreas do conhecimento são críticos neste avanço. É necessário criar novos padrões para que o Brasil possa dar um salto de qualidade de forma que a pesquisa brasileira aproveite a situação de que nos últimos anos teve um progresso quantitativo significativo, porém menos expressivo tem sido o progresso qualitativo. Esta situação faz com que o impacto ainda tem sido reduzido globalmente.

Há algumas ações chaves que podem mudar esta realidade que estão vinculadas ao financiamento de longo prazo da ciência brasileira em especial com a disponibilidade de recursos constantes independente da flutuação econômica. A formação contínua de recursos humanos de pesquisa a valorização dos currículos dos pesquisadores com um sistema cada vez mais virtuoso na avaliação dos programas de pós-graduação do Brasil. As universidades e os institutos de pesquisa são chaves neste processo em especial na direção de maior organização temática das pesquisas em unidades que superem a estrutura departamental das universidades.

A recente análise realizada pelo Grupo Web of Science (2018) sobre a pesquisa no Brasil para a CAPES utilizou dados bibliométricos de pesquisa de brasileiros que foram publicados entre 2013 e 2018 e extraídos do Web of Science (WoS). Os resultados mostram uma situação preocupante de médio e longo prazos apesar dos avanços recentes quantitativos alcançados recentemente. O estudo analisa a produção científica do Brasil sob os aspectos da produtividade, impacto, comparações de pares, colaboração internacional, colaboração com as empresas e sob as óticas das universidades e institutos de pesquisa.

Os resultados mostraram que a produtividade de artigos científicos no Brasil colocou o país em 13º lugar no mundo. Este indicador levou em consideração a produção de artigos de pesquisa e resenhas indexadas na WoS. Os pesquisadores brasileiros teriam publicado pouco mais de 50 mil artigos. As evoluções dos indicadores de produtividade mostram que houve

em seis anos um aumento da produção de 30% no período que representa o dobro da média global.

O indicador de *Category Normalized Citation Impact* (CNCI) da WoS mostrou que a porcentagem de artigos brasileiros no 1% dos artigos mais citados no mundo é relativamente constante no período de 2013-2018 e está bem abaixo da média mundial. Foram identificadas algumas áreas de excelência no Brasil em termos de impacto de citação como nas ciências da vida, nas ciências físicas e na engenharia. Mesmo quando comparado com os países da América Latina, o Brasil apresentou CNCI na produção científica abaixo dos seus vizinhos. Cabe destacar que os pesquisadores brasileiros realizaram publicações em coautoria com pesquisadores de 205 países. Aproximadamente um terço das publicações de artigos realizados por pesquisadores brasileiros foram realizados com pesquisadores de outros países, porém os *papers* em coautoria com pesquisadores estrangeiros que tinha crescido 17,5% no período 2013-2015 cresceu substancialmente menos no período de 2016-2018, apenas 1,8%.

Finalmente os dados da WoS mostram que a maior parte da colaboração entre universidade e empresas, 81% é realizado com universidades públicas. São as universidades públicas que são também a maior fonte de pesquisa no Brasil. As 15 universidades com maior produção de pesquisa, todas públicas, produzem mais de 60% da produção total de pesquisa, segundo os resultados apresentados.

Glänzel, Leta e Thijs (2013) também tinham analisado a produção científica brasileiras no passado. A conclusão destes autores é muito similar em vários aspectos quando comparado com os estudos recentes da WoS. Esta similaridade na análise ao longo do tempo pode mostrar uma relativa estagnação nos principais indicadores de produção científica no Brasil. Utilizando o banco de dados ISI, naquela época, em 1991-2003, o Brasil ocupava a 17º posição na lista dos países mais ativos em publicação. Os critérios não são perfeitamente comparáveis com o estudo da WoS citado acima, mas indicam que o Brasil tem ocupado relativamente o mesmo lugar quando se avalia a quantidade de publicação científica. Os autores demonstraram que a tríade Japão-EUA-UE tinha uma produção de destaque na produção científica do mundo. Em especial no período analisado os UE e EUA contribuem com mais de 30% do mundial de produção de publicações e Japão publicou quase 10% de todos os artigos científicos. A tendência de que a China se tornaria uma superpotência científica considerando a atividade de publicação em revistas internacionais já havia sido também identificada nesta publicação, bem como

foram também identificados que o Brasil tinha apresentado uma taxa de crescimento anual das publicações de mais de 8% da participação na produção mundial de publicações[1].

2.2 Investimentos em P&D na Indústria de Petróleo no Brasil

A ciência e tecnologia brasileira é fortemente influenciada pelos investimentos em pesquisa que são realizados na cadeia de petróleo e gás. Conhecer a quantidade e o valor investidos nestas de pesquisas é especialmente relevante para o desenvolvimento brasileiro. Além de mapear e investigar o que foi realizado com os investimentos em pesquisa é necessário repensar as lacunas que podem ser preenchidas com novos investimentos. Uma contribuição singular nesta direção foi realizada pelo IPEA[2]. Este livro tem o objetivo de contribuir com a atualização dos principais resultados obtidos por estes estudos e avançar na avaliação da importância dos investimentos em pesquisa no setor de petróleo e gás no Brasil.

Em 2020 no Brasil há 18 empresas petrolíferas que possuem participação nos campos produtores de petróleo e gás natural e que geraram obrigações de investimentos em PD&I. A maior parte das obrigações de investimentos em PD&I é gerada pela Petrobras conforme demonstra o Gráfico 2.1.

Para o período de 1998 até o primeiro semestre de 2020, os dados da ANP para as 12 petrolíferas que operam no Brasil indicaram que a Petrobras é responsável por 75,22% das obrigações de investimentos em P&D regulados pela Agencia de acordo com a Tabela 2.1. A cláusula de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (Cláusula de PD&I) constante dos contratos para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural tem como objetivo estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias para o setor, que é uma das atribuições da ANP (Lei nº 9.478/1997). A Shell é a segunda empresa petrolífera com mais obrigações de investimentos em P&D no Brasil,

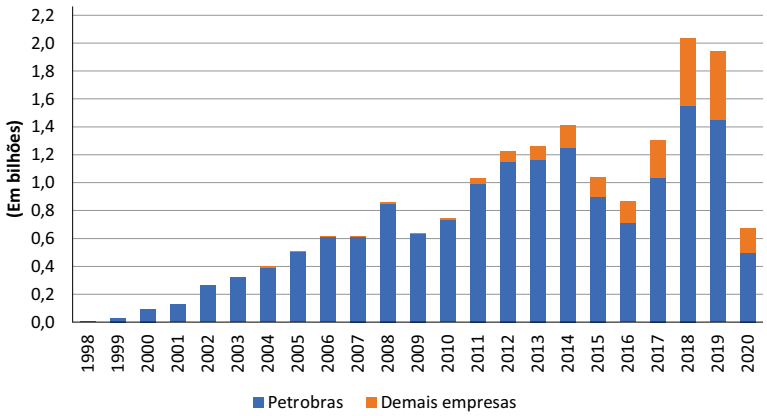
---

1 Ver Leta e De Meis (1996) que analisaram o perfil de pesquisa da ciência brasileira em meados de 1990 em "Brazilian Academy of Sciences (1999)" preparada para a Conferência Mundial sobre Ciência em Budapeste, 1999.

2 Poder de compra da Petrobras : impactos econômicos nos seus fornecedores/coordenação: João Alberto De Negri [et al..]. – Brasília: IPEA: Petrobras, 2011. e Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades centros de pesquisa e firmas brasileiras / organizadores: Lenita Turchi, Fernanda De Negri, João A. De Negri – Brasília : IPEA: Petrobras, 2013. 420 p.: gráfs., mapas, tabs. Inclui bibliografia. ISBN: 978-85-7811-160-1

responsável por 14,6%. A Petrobras representa 4,36%, a REPSOL-SINOPEC 2,92% e a Equinor 1,40%. As demais petrolíferas têm participação de 1,5%.

Gráfico 2.1 Volume de obrigações geradas por ano (até o 2º trimestre de 2020)



Fonte: ANP http://www.anp.gov.br/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-p-d-i/recursos-financeiros-das-clausulas-de-investimentos-em-p-d-i. Extraído em 7/10/2020. Valores de 2020 referentes ao primeiro semestre do ano (2 de 4 parcelas).

Tabela 2.1 Obrigações de investimento em PD&I geradas para cada petrolífera no Brasil, R$ (2018-2020)

Petrolíferas	2018	2019	2020*
Petrobras	1.548.647.705,21	1.445.326.934,70	496.216.438,13
Shell	277.049.806,02	291.227.285,64	109.219.953,84
Petrogal	81.833.907,41	86.677.998,11	33.591.214,60
Repsol-Sinopec	59.178.875,67	56.955.799,48	19.404.321,49
Equinor	29.568.922,99	28.838.160,40	6.520.826,96
Sinochem	19.712.615,32	13.922.493,49	0,00
Enauta	4.747.393,51	2.074.833,74	0,00
Geopark	1.054.976,34	461.074,16	0,00
Brasoil	1.054.976,34	461.074,16	0,00
Total	4.822.619,45	6.185.331,00	1.956.731,56
CNODC	2.411.309,72	3.092.665,50	978.365,78
CNOOC	2.411.309,72	3.092.665,50	978.365,78
Total	**2.032.494.417,70**	**1.938.316.315,87**	**668.866.218,13**

Fonte: ANP http://www.anp.gov.br/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-p-d-i/recursos-financeiros-das-clausulas-de-investimentos-em-p-d-i. Extraído em 7/10/2020. * Valores de 2020 referentes ao primeiro semestre do ano (2 de 4 parcelas).

Dados das petrolíferas referentes a contratação realizadas não são semelhantes as obrigações nem aos desembolsos realizados, pois as contratações de projetos de P&D têm prazos diferentes das obrigações contábeis anuais das companhias conforme a Cláusula de PD&I da ANP.

2.2.1 Cientistas e o setor de petróleo

Para atualização das informações e resultados sobre inovação e ciência foi realizada a importação das informações da base de dados dos Curriculum Vitae (CV) da Plataforma Lattes do CNPq. Foram importados 817.460 CVs de mestres e doutores. Os dados organizados têm todo o histórico de informações dos pesquisadores e empresas relacionadas às atividades de exploração e produção de petróleo da Petrobras e estão atualizados até ano de 2020.

Há vários avanços que foram realizados em relação aos trabalhos anteriormente elaborados em especial por conta da identificação dos pesquisadores e da criação de novas variáveis que ampliam a capacidade de análise em especial quando ao número de pesquisadores, artigos publicados, dissertações de mestrado, teses de doutorado, infraestruturas laboratoriais novas e modernização de laboratórios preexistentes.

A identificação dos pesquisadores da Petrobras foi realizada pelo nome do pesquisador e pelo Cadastro de Pessoa Física (CPF). Informações fornecidas pela Petrobras compreendem o período de 2015 até 2020 porque utiliza informações de pesquisadores que estão incluídos no eletronicamente no Sistema de Gestão de Investimentos em Tecnologia (SIGITEC). Foi realizado de forma complementar a identificação do histórico de pesquisadores apoiados pela Petrobras na Plataforma Lattes do CNPq, tendo em vista que os cientistas brasileiros declaram esta informação no item de financiadores dos seus projetos de pesquisa. Esta possibilidade permitiu uma análise mais ampla de todo histórico de apoio da Petrobras aos cientistas no Brasil até o ano de 2020.

A base de dados resultante deste processo de trabalho organizou mais de duas centenas de variáveis que informam a produção acadêmica por pesquisador e que permite uma avaliação histórica de toda a sua produção científica no Brasil e no exterior. Algumas variáveis especialmente relevantes na análise foram construídas de acordo com as informações disponíveis em diversas bases de dados. Para exemplificar com duas situações específicas, não havia uma variável que permita identificar a idade do pesquisador. Para solução deste problema foi criada a variável “IDADE ACADÊMICA” a partir da data de conclusão da graduação, do mestrado ou do doutorado. Da mesma forma, um

segundo exemplo que pode ser dado é a variável gênero, que também não está disponível. Para o debate sobre gênero foi criada a variável (M e F) a partir das informações de nomes e similaridade de taxonomia presentes na RAIS. Todos estes e outras dezenas de procedimentos similares de criação de variáveis estão detalhados na programação em linguagem SQL que dá origem aos bancos de dados.

A avaliação da internacionalização do pesquisador é também especialmente relevante na análise da sua produção de conhecimento no sistema nacional de ciência e tecnologia para exploração de petróleo no Brasil. Para identificar a internacionalização do pesquisador foi criada a variável país da formação da graduação, mestrado e doutorado. O local de atuação do pesquisador no Brasil é identificado pela variável Unidade da Federação (UF) da instituição que ele está vinculado, o que permite uma avaliação dos Parques Tecnológicos no Brasil. No histórico dos pesquisadores há diversas instituições que o pesquisador ao longo da sua vida acadêmica esteve vinculado. Para esta avaliação foi criada a variável "Número de Instituições que já Trabalhou".

Um ponto crítico para análise é definir as diferenças entre os dados dinâmicos e os dados estáticos. A evolução ao longo do tempo é relevante para a análise de impacto da Petrobras na produção científica e tecnológica para o ambiente econômico e tecnológico que a Petrobras atua. Neste caso, os dados dinâmicos sobre a produção acadêmica do pesquisador foram construídos por ano calendário. Para fazer isso foram consideradas incialmente todas as variáveis da produção acadêmica do pesquisador. São 73 variáveis de diversas categorias como marcas, patentes, artigos, participação em eventos, organização de eventos, orientações entre outras.

Do ponto de vista da análise entre pares acadêmicos foi criada a variável área de conhecimento do pesquisador. Esta variável foi definida a partir da área de conhecimento da formação de doutorado e mestrado do pesquisador.

A organização dos bancos de dados e todas as ações necessárias para atualização das informações e resultados sobre inovação e ciência presentes em publicações anteriores tornaram possível a construção de um banco de dados relativamente amplo e completo de 817.460 CVs de toda a ciência brasileira. Dentre cientistas há 7.635 pesquisadores que possuem vínculos com a Petrobras sendo que 4.313 que são mestres e doutores. Foram identificados 3.013 pesquisadores na busca pelo nome com ID Lattes na Plataforma do CNPq. Existem 1.300 mestres e doutores que não foi encontrado ID Lattes na busca pelo nome. Muito provavelmente por não possuírem registro nesta

Plataforma, mas deve ser levado em conta que a maior parte dos cientistas com trajetória acadêmica de longo prazo possue registro na Plataforma Lattes.

A partir da construção do banco de dados e da atualização das informações das publicações anteriores, a questão metodológica central foi identificar as potencialidades da avaliação do impacto do financiamento da Petrobras sobre o pesquisador com as informações provenientes do SIGITEC a partir do ano de 2015.

O cruzamento dos investimentos em P&D das petroleiras com as informações presentes na Plataforma Lattes do CNPq permite identificar os pesquisadores que declararam ter projetos financiados pela Petrobras ou com outras empresas petrolíferas no Brasil. Os dados de 2007-2020 da Plataforma Lattes são utilizados porque torna possível a comparação entre pesquisadores financiados e não financiados pela Cláusula de PD&I da ANP. A hipótese central é que os pesquisadores financiados têm desempenho acadêmico e científico superior aos não financiados. As estimativas de impacto destes financiamentos na produção acadêmica e científica do pesquisador são comparadas ao longo do tempo com outros pesquisadores similares em termos de qualificação, instituição que estão vinculados e região do país. Na Plataforma Lattes, não há obrigatoriedade para que o pesquisador atualize as informações sobre os financiadores de seus projetos, no entanto as informações presentes Plataforma Lattes são uma *proxi* razoável da realidade e são as melhores informações disponíveis no país.

Para realizar este trabalho e melhorar a qualidade das informações foram utilizados apenas os dados de pesquisadores com a qualificação de mestres e doutores Plataforma Lattes. A Tabela 2.2 resume as informações utilizadas neste projeto de pesquisa para o período de 2007 a 2020.

Na Plataforma Lattes, há 817.460 pesquisadores com a qualificação de mestres e doutores registrados até o ano de 2020. Dentre estes pesquisadores 6.181 declararam que foram financiados pela Petrobras por um ou mais projetos no período 2007-2020, sendo que 1.416 formam um subconjunto de pesquisadores vinculados especificamente com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes) da Petrobras. A grande maioria desses pesquisadores foi financiada pelas obrigações da Cláusula de PD&I da ANP que é de responsabilidade da Petrobras. Foram identificados 609 pesquisadores que declararam ter projetos financiados pela Cláusula de PD&I da ANP, mas não fez referência a Petrobras especificamente. Nesta pesquisa estes pesquisadores foram considerados pesquisadores vinculados a Cláusula de PD&I da ANP que provavelmente são obrigações de outras petrolíferas que atuam no Brasil.

A Tabela 2.2 também traz informações do Sistema de Gestão de Investimentos em Tecnologia (SIGITEC) sistema eletrônico da Petrobras que passou a ficar disponível apenas a partir de 2015 e que identifica 3.960 pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras. A maioria destes pesquisadores não tem formação de pós-graduação, mestrado ou doutorado, e, portanto, não tem uma relação direta com as informações de pesquisadores mestres e doutores da Plataforma Lattes utilizada neste trabalho. As informações do SIGITEC demostraram que a Petrobras investiu R$ 13.060.994.239,00 em P&D o que equivale a R$ 10.582.329.792,40 constantes quando deflacionados pelo IPCA de Jan/2020.

Ressalta-se que os valores contratados pela Petrobras foram significativamente maiores nos períodos de 2018-2019, provavelmente resultantes de obrigações da Cláusula de PD&I da ANP de exercícios de anos anteriores e expectativa de obrigatoriedade relacionada com o desempenho futuro. É comum dentro da estratégia da Petrobras que revisões destes contratos para adequação de possíveis alterações na estratégia de investimento da empresa.

Tabela 2.2 Número de pesquisadores financiados pelas petroleiras no Brasil com a cláusula de PD&I da ANP (2007-2020)

Ano	Financiados pela Petrobras[1]	Vinculados com o Cenpes[2]	Financiados por outras petroleiras[3]	Nº de pesquisadores no SIGITEC – Petrobras[4]	Valor corrente (R$) de PD&I contratado pela PETRORAS[5]	Valor real (R$) de PD&I contratado pela Petrobras (IPCA Jan2020=100)
2007	2.815	632	254	nd	540.562.788,3	266.311.901,4
2008	3.166	769	276	nd	799.887.452,4	427.017.130,8
2009	3.239	826	276	nd	558.954.635,4	304.747.290,0
2010	3.189	823	295	nd	493.426.308,8	281.374.292,9
2011	3.109	781	302	nd	724.815.064,0	413.322.764,6
2012	2.978	734	296	nd	870.775.750,7	526.314.789,4
2013	2.756	674	273	nd	326.029.497,5	222.193.827,8
2014	2.538	629	264	nd	455.512.978,2	327.776.900,7
2015	2.382	593	243	nd	740.829.210,0	571.134.185,4
2016	2.179	574	238	29	363.916.988,6	310.593.800,3
2017	2.069	541	240	812	908.320.427,0	816.733.980,6
2018	2.124	568	236	2.590	2.056.322.160,4	1.901.772.661,5
2019	2.126	585	248	3.960	4.107.012.291,4	4.098.407.580,6
2020	**2.097**	**578**	**245**	**3.914**	**114.628.686,3**	**114.628.686,3**
Total distintos	**6.181**	**1.416**	**609**	**3.960**	**13.060.994.239,0**	**10.582.329.792,4**

Fonte: CNPq, ANP e Petrobras. OBS metodológicas: [1] Para contabilizar o número de pesquisadores na Plataforma Lattes em 2020 no CNPq foram considerados apenas mestres e doutores, totalizando 817.460 pesquisadores. A identificação dos pesquisadores que possuem projetos financiados pela Petrobras resultou da declaração do pesquisador. Esses projetos financiados pela Petrobras são na sua maioria financiados com recursos Cláusula de PD&I da ANP. [2] Foram contabilizados os pesquisadores que citaram especificamente o Cenpes da Petrobras e fazem parte de um subconjunto dos que foram financiados pela Petrobras. [3] Contempla pesquisadores com projetos financiados pelos recursos Cláusula de PD&I da ANP que não Petrobras ou declarou outra petroleira no Brasil como financiadora. [4] Só há informações eletrônicas dos pesquisadores envolvidos em projetos com a Petrobras no Sistema de Gestão de Investimento em Tecnologia (SIGITEC) a partir de 2016. Os pesquisadores que estão no SIGITEC não necessariamente estão na Plataforma Lattes CNPq e não necessariamente são mestres e doutores. nd= não disponível. [5] Os valores contratados pela Petrobras não são necessariamente desembolsados no ano da contratação, pois o desembolso depende do prazo de duração do contrato.

Entre os pesquisadores que declararam projetos de pesquisa financiados pela a Petrobras é possível identificar um subconjunto de pesquisadores que declara no CV Lattes que tem trabalha especificamente com o Cenpes que é o Centro de Pesquisa da Petrobras responsável pela maior parte do desenvolvimento tecnológico com a empresa. Em média, aproximadamente 45% dos pesquisadores que declararam possuir contratos de pesquisa financiados pela Petrobras citaram especificamente a área de pesquisa do Cenpes.

A Tabela 2.3 mostra que a maior parte dos pesquisadores mestres e doutores que possue projetos de pesquisa financiados pela Petrobras tem formação de pós-graduação nas grandes áreas de conhecimento de engenharias e ciências exatas e da terra. Eles representam 75% do total dos pesquisadores que tem projetos com a empresa. Destes, 44,6% dos pesquisadores que tem projetos de pesquisa financiados pelas Petrobras estão nas grandes áreas de engenharias. Na categoria de outras grandes áreas de conhecimento, que representa 18%, estão incluídas as áreas de engenharia de agrimensura e de engenharias de projeto. Nas grandes áreas de ciências exatas e da terra estão 30,4 % dos pesquisadores.

Não há diferenças nas grandes áreas de conhecimento da pós-graduação entre os pesquisadores contratados pela Petrobras e aqueles que citaram vínculos especificamente o Cenpes. Há diferenças significativas entre as grandes áreas de conhecimento da pós-graduação de mestrado e doutorado dos pesquisadores brasileiros e demais pesquisadores brasileiros.

Quando os dados são abertos por subáreas do conhecimento, cabe destaque que a maior parte dos pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras está nas subáreas de geologia (11,6%), fenômenos de transporte (6,7%), em especial vinculados aos fenômenos de transporte de petróleo, gás e derivados por dutos, geofísica (5,4%), geotecnia (4,7%), estruturas (3,2%), com foco nas estruturas de materiais e rochas, mecânica dos sólidos (3,2%) e química analítica (3,1%).

As subáreas de conhecimento da atuação da Petrobras indicam que a *core competence* da Petrobras na exploração e extração do petróleo está fortemente vinculada à formação geológica nos campos de atuação da companhia. Este modelo de especialização garante a empresa competitividade específica nas províncias geológica onde a empresa atua, mas pode limitar a expansão para outros campos de exploração aonde outras competências tecnológicas são necessárias. Algumas petrolíferas desenvolvem competências tecnológicas mais amplas dentro da cadeia de petróleo em especial em outros segmentos da fronteira tecnológica, como por exemplo, em tecnologias de equipamentos de *subsea*, perfilação

de poços, sísmica e Inteligência Artificial, que dá uma amplitude maior para a *core competence* das petroleiras. No entanto é também necessário ressaltar que há outros modelos de exploração de petróleo de petroleiras no mundo que não necessariamente investem no conhecimento e em capacitações tecnológicas e atuais especificamente como compradores de tecnologias.

Tabela 2.3 Áreas de conhecimento da pós-graduação (mestrado ou doutorado) dos pesquisadores financiados pela Petrobras (até 2020)

	Pesquisadores financiados pela Petrobras (1)	Pesquisadores vinculados ao Cenpes (2)	Todos pesquisadores da Plataforma Lattes (3)
	%	%	%
Grandes Áreas do Conhecimento	**100**	**100**	**100**
Ciencias agrarias	1,8	1,3	7,1
Ciencias biologicas	3,4	3,4	9,8
Ciencias da_saúde	0,1	0,3	15,9
Ciencias exatas e da terra	30,4	30,0	11,8
Ciencias humanas	0,6	0,3	20,0
Ciencias sociais aplicadas	0,2	0,5	15,0
Engenharias	44,6	47,2	9,8
Linguistica, letras e artes	0	0	6,7
Outros	18,8	17,0	3,8
SUBÁREAS-DO-CONHECIMENTO	**100**	**100**	**--**
Geologia	11,6	11,4	0,39
Fenômenos de transporte	6,7	7,8	0,14
Geofísica	5,4	3,9	0,13
Geotécnica	4,7	4,3	0,16
Estruturas	3,2	3,2	0,24
Matemática aplicada	3,2	2,8	0,22
Mecânica dos sólidos	3,2	2,8	0,12
Química analítica	3,1	4,3	0,43
Metodologia e técnicas da computação	2,9	3,2	0,60
Operações industriais e equipamentos para engenharia química	2,9	3,2	0,08
Eletrônica industrial, sistemas e controles eletrônicos	2,8	2,5	0,20
Físico-química	2,6	3,6	0,37
Tecnologia química	2,5	1,1	0,14
Processos industriais de engenharia química	2,0		0,13
Materiais não metalicos	1,5	1,8	0,19

Tabela 2.3 Áreas de conhecimento da pós-graduação (mestrado ou doutorado) dos pesquisadores financiados pela Petrobras (até 2020) (*Cont.*)

	Pesquisadores financiados pela Petrobras [1]	Pesquisadores vinculados ao Cenpes [2]	Todos pesquisadores da Plataforma Lattes [3]
Metalurgia física	1,4	1,1	0,11
Química orgânica	1,4	2,5	0,001
Engenharia de petróleo	1,2	1,1	0,01
Infraestrutura de transportes	1,2	0,7	0,60
Sistemas de computação	1,2	1,1	0,79
Engenharia térmica	1,1	1,4	1,42
Telecomunicações	1,1	0,7	0,82
Ciência do solo	0,9	0,7	0,71
Oceanografia biológica	0,9	0,7	0,71
Pesquisa operacional	0,9	0,7	0,71
Ecologia de ecossistemas	0,8	1,1	0,59
Medidas elétricas, magnéticas e eletrônicas; instrumentação	0,8	0,4	0,59
Oceanografia geológica	0,8	0,7	0,59
Química inorgânica	0,8	0,7	0,59
Física da matéria condensada	0,6	0,7	0,47
Outros	26,6	26,7	--

Fonte: CNPq e Petrobras. OBS metodológicas: Os dados levam em conta todo o histórico dos pesquisadores na Plataforma Lattes até o mês de janeiro de 2020. [1] [2] Para os pesquisadores financiados pela Petrobras e vinculados a CEMPES o percentual foi calculado considerando todos os pesquisadores que declararam grandes áreas do conhecimento e subáreas de conhecimento na formação acadêmica de doutorado ou mestrado. [3] Para o total de pesquisadores da Plataforma Lattes foi calculado o percentual apenas das grandes áreas do conhecimento e subáreas de conhecimento na formação acadêmica de doutorado ou mestrado que tinham pesquisadores financiados pela Petrobras

Os 817.460 mestres e doutores cadastrados na Plataforma Lattes do CNPq registraram 5.418.228 artigos em revistas com ISSN e indexadas na Plataforma Sucupira da CAPES. Dentre estes pesquisadores 5.726 foram financiados por projetos da Petrobras sendo que 1.317 declararam estar diretamente vinculados ao Cenpes, conforme dados apresentados na Tabela 2.4.

A idade acadêmica dos pesquisadores financiados pela Petrobras é 31 anos. A idade acadêmica é estimada por meio da contagem de anos após a formação universitária do pesquisador até janeiro de 2020. Os demais pesquisadores brasileiros têm idade acadêmica de 25 anos. Isso significa que a experiência acadêmica dos pesquisadores vinculados a Petrobras é superior quando comparado com a média dos pesquisadores no Brasil. O indicador de idade acadêmica é uma boa *proxi* para mensurar a experiência profissional do

pesquisador e os anos dedicados ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia nas universidades e laboratórios no Brasil.

Os pesquisadores que têm projetos vinculados com a Petrobras têm em média 63 coautores nas suas publicações indexadas. Os pesquisadores vinculados diretamente ao Cenpes têm em média 73 pesquisadores como coautores de artigos indexados. A média de coautores para os demais pesquisadores no Brasil é de 21, muito abaixo daqueles que tem projetos financiados pela Petrobras. Este indicador demonstra uma maior capacidade de articulação de conhecimento e de qualidade da produção científica dos pesquisadores que tem projetos vinculados com a Petrobras.

A maior capacidade de articulação de conhecimento pode estar vinculada a diversos fatores, entre eles quanto maior a idade acadêmica, maior o histórico de relacionamento com outros pesquisadores. Os pesquisadores que tem projetos financiados também tem mais possibilidade de integração e remuneração de equipes de trabalho. A localização geográfica e a integração com grandes centros universitários no mundo podem também criar ambiente favorável a uma maior capacidade de articular conhecimento.

Não há diferença significativa entre o número de vínculos institucionais entre pesquisadores que tem projetos de pesquisa financiados pela Petrobras e os demais pesquisares. Em média os pesquisadores no Brasil possuem ou possuíram vínculos institucionais com três ou quatro instituições. Quanto maior os vínculos institucionais, maior a capacidade dos pesquisadores mobilizarem equipes.

Os pesquisadores que tem projetos vinculados com a Petrobras tem produção em qualidade e quantidade individual superior aos demais pesquisadores brasileiros. A quantidade de publicações individuais de artigos indexados em A1 e A2 de acordo com a Plataforma Sucupira para os pesquisadores que tem projetos com Petrobras é de 12,69 em média. Para os pesquisadores vinculados diretamente ao Cenpes a média de publicação A1 e A2 sobe para 16,85. Os demais pesquisadores brasileiros publicaram em média apenas 3,15 de artigos com esta classificação. A média de publicações de artigos dos pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras é também superior para os artigos publicados em revistas científicas classificados de B1 até C. No entanto, a diferença entre as médias de publicação entre os pesquisadores com e sem projetos financiados pela Petrobras reduz quando é levado em consideração apenas as revistas de menor classificação de acordo com a Plataforma Sucupira da CAPES.

Considerando a qualidade das publicações, 57,4% de todas as publicações indexadas pelos pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras estão indexadas em revistas A1 e A2. Para os pesquisadores vinculados

diretamente com o Cenpes este percentual sobe para 66,10%. Para os demais pesquisadores brasileiros este percentual é de 48,2%. Este indicador mostra que a qualidade das publicações dos pesquisadores que tem projetos com a Petrobras é superior.

Tabela 2.4 Publicação indexada dos pesquisadores com projetos de pesquisa financiados pela Petrobras (2020)

		Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
Total de pesquisadores	817.460	5.726	1.317	811.734
Doutores	Total			
Mestres	Total			
Idade Academica	Total	31	31	25
Total Coautores	Total	63	73	21
Num_Local_Trab	Total	4	3	3
Artg_A1_A2	Total	72.650	22.193	2.553.950
	Média	12,688	16,851	3,146
Artg_B1_B2	Total	35.437	7.463	1.733.358
	Média	6,189	5,667	2,135
Artg_B3_B4	Total	16.435	3.536	873.495
	Média	2,870	2,685	1,076
Artg_B5_C	Total	2.031	382	130.872
	Média	0,355	0,290	0,161

Fonte: CNPq, CAPES e Petrobras. OBS metodológicas: Os dados levam em conta todo o histórico dos pesquisadores na Plataforma Lattes até o mês de janeiro de 2020. Para cálculo da média e do total de pesquisadores foram considerados apenas mestres e doutores e aqueles pesquisadores com alguma produção acadêmica indexada de acordo com as possibilidades da Plataforma Lattes do CNPq e da Plataforma Sucupira da CAPES.

A média de publicação por pesquisador é maior para os pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras em todas as áreas de conhecimento das revistas científicas indexadas pela Plataforma Sucupira da CAPES, conforme dados da Tabela 2.5. Mesmo em áreas que mais distantes da *core competence* do conhecimento focalizado pelos contratos da Petrobras como ciências sociais, letras, agrárias e biologia, a média de publicação por pesquisador é maior para o grupo de pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras e maior ainda para pesquisadores vinculados ao Cenpes, quando comparado com os demais pesquisadores no Brasil.

Nas áreas de maior especialização dos projetos financiados pela Petrobras, como exatas e engenharia, a liderança acadêmica dos pesquisadores vinculados a estes projetos é visivelmente maior. A tendência de maior

quantidade e qualidade das publicações é também ressaltada nos indicadores destes grupos de pesquisadores em áreas mais próximas com as necessidades tecnológicas da Petrobras.

Tabela 2.5 Áreas científicas dos artigos de pesquisadores com projetos de pesquisa financiados pela Petrobras (2020)

		Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
Total	817.460	5.726	1.317	811.734
Artg_agrari	Total	43.227	11.219	1.346.933
	Média	7,549	8,519	1,659
Artg_biolog	Total	8.511	2.772	403.184
	Média	1,486	2,105	0,497
Artg_c_saud	Total	14.258	4.056	1.624.168
	Média	2,490	3,080	2,001
Artg_c_exat	Total	61.505	17.789	1.521.485
	Média	10,741	13,507	1,874
Artg_c_huma	Total	33.792	6.434	1.732.521
	Média	5,902	4,885	2,134
Artg_soc_ap	Total	29.336	6.411	1.272.102
	Média	5,123	4,868	1,567
Artg_engenh	Total	50.031	18.033	812.159
	Média	8,738	13,692	1,001
Artg_letras	Total	1.692	150	222.481
	Média	0,295	0,114	0,274
artg_outros	Total	42.104	10.914	1.910.000
	Média	7,353	8,287	2,353

Fonte: CNPq, CAPES e Petrobras. OBS metodológicas: Os dados levam em conta todo o histórico dos pesquisadores na Plataforma Lattes até o mês de janeiro de 2020. Para cálculo da média e do total de pesquisadores foram considerados apenas mestres e doutores e aqueles pesquisadores com alguma produção acadêmica indexada de acordo com as possibilidades da Plataforma Lattes do CNPq e da Plataforma Sucupira da CAPES

Nas áreas de exatas os pesquisadores com projetos financiados pela Petrobras publicaram 61.505 artigos indexados até janeiro de 2020, em média isso significa 10,7 artigos por pesquisador. Os pesquisadores vinculados diretamente ao Cenpes tinham publicado 17.789 e tinha uma média de 13,5 artigos por pesquisador. Os demais 811.734 pesquisadores brasileiros publicaram 1.521.485 artigos com uma média de apenas 1,87 artigo por pesquisador.

Nas áreas de engenharia os pesquisadores que tinham projetos financiados pela Petrobras publicaram 50.031 artigos sendo que destes, 18.033 foram publicados por pesquisadores vinculados ao Cenpes. Na média isso significou que cada

pesquisador que tinha projeto financiado pela Petrobras publicou 8,7 artigos até o início de 2020 e que os pesquisadores vinculados ao Cenpes tinham publicado em média 13,69 artigos. Esta média é muito superior aos demais pesquisadores no Brasil que apesar de terem sido responsáveis por 812.159 artigos publicados, na média publicaram 1 artigo por pesquisador no mesmo período.

O detalhamento da a qualidade dos artigos acadêmicos dos mestres e doutores vinculados aos projetos de pesquisa financiados pela Petrobras nas áreas de exatas e engenharia é apresentado na Tabela 2.6 a partir da indexação dos artigos de acordo com a Plataforma Sucupira da CAPES.

Tabela 2.6 Qualificação dos artigos de pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras nas áreas de ciências exatas e de engenharia (2020)

		Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
Artg_engenh_a12	Total	36.954	14.163	555.260
	Média	0,855	1,262	0,412
Artg_engenh_b12	Total	7.812	2.399	158.296
	Média	0,181	0,214	0,118
Artg_engenh_b34	Total	3.575	1.106	55.402
	Média	0,083	0,099	0,041
Artg_engenh_b5c	Total	1.690	365	43.201
	Média	0,039	0,033	0,032
Artg_c_exat_a12	Total	35.076	11.735	815.633
	Média	0,811	1,046	0,606
Artg_c_exat_b12	Total	20.505	4.711	557.073
	Média	0,474	0,420	0,414
Artg_c_exat_b34	Total	4.318	983	88.612
	Média	0,100	0,088	0,066
Artg_c_exat_b5c	Total	1.606	360	60.167
	Média	0,037	0,032	0,045

Fonte: CNPq, CAPES e Petrobras. OBS metodológicas: Os dados levam em conta todo o histórico dos pesquisadores na Plataforma Lattes até o mês de janeiro de 2020. Para cálculo da média e do total de pesquisadores foram considerados apenas mestres e doutores e aqueles pesquisadores com alguma produção acadêmica indexada de acordo com as possibilidades da Plataforma Lattes do CNPq e da Plataforma Sucupira da CAPES

Os dados mostram que os pesquisadores financiados por projetos da Petrobras foram responsáveis pela publicação de 36.954 artigos na área de engenharia que foram classificados em A1 ou A2 de acordo com a plataforma Sucupira da CAPES até o início de 2020. A média é de 0,85 artigo por pesquisador . Os pesquisadores que estavam vinculados ao Cenpes foram responsáveis por

14.163 destas publicações de engenharia com uma média de 1,26 artigo por pesquisador. Os demais pesquisadores no Brasil publicaram 555.260 artigos de engenharia indexados em A1 e A2 com uma média de apenas 0,41 artigo por pesquisador, 50% menor do que o número artigos por pesquisador que são financiados pela Petrobras.

A maior parte dos artigos indexados na área de engenharia dos pesquisadores com projetos financiados pela Petrobras possue a nota máxima na CAPES. Dos 50.031 artigos indexados, 73,86% tem classificação A1 e A2. Para os pesquisadores vinculados ao Cenpes este percentual é de 78,53%. Para os demais pesquisadores brasileiros, 68,36% do total da publicação destes autores obtém a melhor classificação na CAPES.

Nas ciências exatas, foram publicados 35.076 artigos indexados em A1 e A2 por pesquisadores mestres e doutores que tinha projetos financiados pela Petrobras, uma média de 0,81 artigo por pesquisador. Os pesquisadores vinculados ao Cenpes foram responsáveis por 11.735 destes artigos com um média de 1 artigo por pesquisador. Os demais pesquisadores brasileiros publicaram na área de exatas 815.633 artigos indexados em A1 e A2, com uma média de 0,6 artigo por pesquisador.

A maior parcela da publicação de artigos indexados dos pesquisadores vinculados à projetos que são financiados pela Petrobras é mais bem classificada na CAPES. 57,02% da publicação realizada por estes autores na área de exatas é classificada em A1 e A2. Para os pesquisadores vinculados ao Cenpes este percentual é de 65,96%. Os demais pesquisadores brasileiros têm 53,60% da sua produção de artigos na área de exatas com maior classificação na CAPES.

O principal indicador de produção acadêmica dos pesquisadores são os artigos publicados em revistas indexadas. No entanto, há diversos outros tipos de produção acadêmicas no Brasil que são realizadas por pesquisadores cadastrados na Plataforma Lattes que são apresentados na Tabela 2.6.

Há diversos outros artigos publicados no Brasil citados pelos pesquisadores na Plataforma Lattes que não são indexados. Os pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras citaram 143.896 sendo que 36.908 foram publicados por pesquisadores com vínculo direto com o Cenpes. Isso significa que em média os pesquisadores financiados pela Petrobras publicaram 23,6 artigos por pesquisador. Os vinculados ao Cenpes publicaram em média 26,53 artigos por pesquisador até janeiro de 2020. Os demais pesquisadores publicaram no Brasil 6.707.884 artigos com uma média menor de 9,13, muito abaixo da média individual dos pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras.

A produção acadêmica de capítulo de livros e de livros é relativamente extensa na pesquisa brasileira. Os pesquisadores com projetos financiados pela Petrobras produziram 24.131 capítulos de livros e 8.442 livros. Isso significa uma média superior a 4 por pesquisador. Os demais pesquisadores publicaram no Brasil 1.486.358 capítulos de livros e 598.459 livros, uma média de aproximadamente três por pesquisador.

Para além da publicação de livros, capítulos de livros e de artigos, indexados ou não, outro indicador possível de ser avaliado é a diversificação da produção acadêmica no Brasil levando-se em consideração outros produtos.

Nem todos os pesquisadores declaram toda a produção acadêmica realizada na plataforma Lattes. Há 740.334 pesquisadores que informaram outras produções acadêmicas sendo que 6.097 são pesquisadores com projetos financiados pela Petrobras e dentre estes 1.391 vinculados diretamente ao Cenpes, conforme dados apresentados na Tabela 2.7.

Os registros de marcas no Brasil são relativamente pequenos entre os pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras, há apenas 68 marcas registradas pelos 6.097 pesquisadores nestas condições sendo que apenas 16 delas são de pesquisadores que declararam vínculo direto com o Cenpes. Os demais pesquisadores brasileiros registraram 2.789 marcas. Há diferença entre as médias de marcas por pesquisador com ligeira superioridade dos pesquisadores financiados pela Petrobras, mas não representa um diferencial significativo.

Os registros de patentes são também relativamente maiores do que os registros de marcas na produção acadêmica dos grupos de pesquisadores comparados. Foram registrados na Plataforma Lattes 2.967 patentes de pesquisadores financiados pela Petrobras sendo que 1.041 dessas patentes são de pesquisadores diretamente vinculados ao Cenpes. Os demais pesquisadores brasileiros, mestres e doutores, declararam na Plataforma Lattes 52.805 patentes.

Processo de desenvolvimento de *software* registrado pelos pesquisadores na Plataforma Lattes é relativamente maior do que os demais produtos acadêmicos registrados pelos pesquisadores.

Os pesquisadores com projetos financiados pela Petrobras registraram o desenvolvimento de 4.876 *softwares*, em média menos de um por pesquisador. Os pesquisadores vinculados ao Cenpes foram responsáveis por 1.399 desses *softwares*. A média do desenvolvimento de *softwares* dos demais pesquisadores brasileiros é de 0,15, bem inferior aos pesquisadores que tem projetos com a Petrobras, apesar de terem sido registrados 110.216 desenvolvimentos de *softwares*.

Tabela 2.7 Diversificação da produção acadêmica no Brasil de pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras (2020)

		Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
Total pesquisadores	740.334	6.097	1.391	734.237
Marca_Brasil	Total	68	16	2.789
	Média	0,011	0,012	0,004
Patente_Brasil	Total	2.967	1.041	52.805
	Média	0,487	0,748	0,072
*Software*_Brasil	Total	4.876	1.399	110.216
	Média	0,800	1,006	0,150
Artigo_Brasil	Total	143.896	36.908	6.707.884
	Média	23,601	26,533	9,136
Apre_trab_Brasil	Total	83.117	14.936	7.959.319
	Média	13,632	10,738	10,840
Org_evento_Brasil	Total	29.625	4.810	2.423.462
	Média	4,859	3,458	3,301
Partic_cong_Brasil	Total	51.034	11.048	4.731.294
	Média	8,370	7,942	6,444
Partic_encontro_Brasil	Total	28.531	4.727	2.975.203
	Média	4,680	3,398	4,052
Partic_expo_Brasil	Total	544	74	62.412
	Média	0,089	0,053	0,085
Partic_feira_Brasil	Total	780	108	56.487
	Média	0,128	0,078	0,077
Partic_seminario_Brasil	Total	25.764	3.442	2.751.203
	Média	4,226	2,474	3,747
Cap_livro_Brasil	Total	24.131	3.613	1.486.358
	Média	3,958	2,597	2,024
Livro_Brasil	Total	8.442	1.073	598.459
	Média	1,385	0,771	0,815

Fonte: CNPq e Petrobras. OBS: i) para cálculo produção média por pesquisador e do total de pesquisadores foram considerados apenas os pesquisadores mestres e doutores que declararam no mínimo uma produção acadêmica de acordo com as possibilidades de declaração da Plataforma Lattes.

Cabe ressaltar que o desenvolvimento de *software* tem sofrido mudanças tem sofrido mudanças com o aprimoramento de ferramentas associadas à Inteligência Artificial (IA). A tendência é que IA automatizará muitas funções de desenvolvimento e os algoritmos de aprendizado de máquina e as redes neurais tenderão a assumir papel chave nos desenvolvimentos de uma nova geração de *software* que já são chamados de *software* 2.0. Neste caso, a análise da produção acadêmica dos pesquisadores classificada como IA é especialmente mais relevante.

A diversificação da produção acadêmica do pesquisador pode também ser observada no número de eventos que ele participa para apresentar seus resultados de trabalho e para conhecer resultados de outros pesquisadores. Na tabela estão apresentadas as informações referentes a estes eventos no Brasil. As informações são desagregadas pela apresentação de trabalho, organização de eventos, participação em congressos, encontros, exposições, feiras e seminários. Os 6.097 pesquisadores que tem projetos financiados pela Petrobras participaram de 219.395 eventos no Brasil, o significa 35,98 atividades até janeiro 2020. Os 734.237 demais pesquisadores participaram de 20.959.380, ou seja, 28,54 eventos em média por pesquisadores.

Alguns indicadores da internacionalização da produção acadêmica de cientistas brasileiros podem ser observados na Tabela 2.8. Nesta tabela está a diversificação da produção científica brasileira que é realizada no exterior.

Tabela 2.8 Diversificação da produção acadêmica no exterior de pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras (2020)

		Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
Total	740.334	6.097	1.391	734.237
Marca_exterior	Total	0	0	103
	Média	-	-	-
Patente_exterior	Total	298	108	6.687
	Média	0,049	0,078	0,009
*Software*_exterior	Total	165	69	4.584
	Média	0,027	0,050	0,006
Artigo_exterior	Total	6.547	1.926	305.878
	Média	1,074	1,385	0,417
Apre_trab_exterior	Total	11.043	2.459	590.827
	Média	1,811	1,768	0,805
Org_evento_exterior	Total	59.421	417	1.514
	Média	0,081	0,300	0,248
Partic_cong_exterior	Total	12.463	3.265	658.581
	Média	2,044	2,347	0,897
Partic_encontro_exterior	Total	1.746	426	121.688
	Média	0,286	0,306	0,166
Partic_expo_exterior	Total	45	5	4.714
	Média	0,007	0,004	0,006
Partic_feira_exterior	Total	48	6	2.818
	Média	0,008	0,004	0,004
Partic_seminario_exterior	Total	1.563	298	128.165
	Média	0,256	0,214	0,175

Tabela 2.8 Diversificação da produção acadêmica no exterior de pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras (2020) (*Cont.*)

		Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
Cap_livro_exterior	Total	5.062	1.401	165.783
	Média	0,830	1,007	0,226
Livro_exterior	Total	793	236	41.976
	Média	0,130	0,170	0,057

Fonte: CNPq e Petrobras. OBS: i) para cálculo produção média por pesquisador e do total de pesquisadores foram considerados apenas os pesquisadores mestres e doutores que declararam no mínimo uma produção acadêmica de acordo com as possibilidades de declaração da Plataforma Lattes.

Tabela 2.9 Participação em bancas no Brasil e no exterior dos pesquisadores vinculados aos projetos de pesquisa da Petrobras (2020)

		Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
Total	740.334	6.097	1.391	734.237
Banca_grad_Brasil	Total	71.077	14.512	6.321.044
	Média	11,658	10,433	8,609
Banca_qual_Brasil	Total	40.346	9.059	1.397.460
	Média	6,617	6,513	1,903
Banca_espec_Brasil	Total	9.627	1.361	1.206.144
	Média	1,579	0,978	1,643
Banca_mest_Brasil	Total	79.788	20.188	2.400.000
	Média	13,086	14,513	3,269
Banca_dout_Brasil	Total	36.122	9.800	1.084.301
	Média	5,925	7,045	1,477
Livre_doc_Brasil	Total	718	159	38.937
	Média	0,118	0,114	0,053
Banc_prof_tit_Brasil	Total	2.238	568	131.852
	Média	0,367	0,408	0,180
Banca_grad_exterior	Total	179	33	16.567
	Média	0,029	0,024	0,023
Banca_qual_exterior	Total	83	29	3.383
	Média	0,014	0,021	0,005
Banca_espec_exterior	Total	15	2	2.868
	Média	0,002	0,001	0,004
Banca_mest_exterior	Total	335	85	21.339
	Média	0,055	0,061	0,029
Banca_dout_exterior	Total	568	171	16.129
	Média	0,093	0,123	0,022
Livre_doc_exterior	Total	8	0	341
	Média	-	-	-
Banc_prof_tit_exterior	Total	19	3	1.048
	Média	0,003	0,002	0,001

Fonte: CNPq e Petrobras. OBS: i) para cálculo produção média por pesquisador e do total de pesquisadores foram considerados apenas os pesquisadores mestres e doutores que declararam no mínimo uma produção acadêmica de acordo com as possibilidades de declaração da Plataforma Lattes.

Tabela 2.10 Principais palavras chaves vinculadas aos artigos e patentes dos pesquisadores com projetos de pesquisa financiados pela Petrobras no Brasil nas áreas de ciências exatas e de engenharia (2020)

Artigos **Número de palavras mais citadas: 60** **Número total de citações: 3482 vezes (128 no máximo e 39 no mínimo)** **Percentual: 7,23% do total**				
Biodiesel	Confiabilidade estrutural	Taxonomia	Asphaltenes	Rheology
Preparo de amostras	Estratigrafia	Analise de tensões	Caracterização	Zeolitas
Bacia do Paraná	Elementos finitos	Controle	Brasil	Thermal analysis
Petróleo	Espectrometria atômica	Floresta de caminhos ótimos	GPR	Process development
Líquidos iônicos	Geoquímica	Corrosão	Aprendizado de máquina	Modelagem numérica
Sol-gel	Imageamento sísmico	Ultrassom	Simulação	Inteligência Artificial
Fadiga	Otimização	Bacia potiguar	Petroleum	Catalise heterogênea
Adsorption	Reologia	Lipase	Nanoparticulas	Avaliação de integridade estrutural
ICP-MS	Brazil	Inteligência computacional	Cretaceo	Alumina
Catalise	Adsorção	Holocene	Cromatografia gasosa	Fermentação em meio sólido
Optimization	Integridade estrutural	Província Borborema	Matéria orgânica	Estratigrafia de sequencias
Metais pesados	Cromatografia gasosa acoplada a espectrom. de massa	Sílica	Paládio	Instrumentação
Patentes **Número de palavras mais citadas: 60** **Número total de citações: 281 vezes (22 no máximo e 3 no mínimo)** **Percentual: 22,19% do total**				
Process development	Biodegradable polymer	Polímeros biodegradáveis	Redes ópticas	Análise de imagens
Sensores a fibra optica	Biodiesel	Microfluidica	Fermentação em meio sólido	Proteção de propriedade intele
Zeolita	Instrumentação	Imageamento sísmico	Purification	Redução de arraste
Líquidos iônicos	Polyurethane	Carvão ativado	Gasolina	Diagnósticos
Ultrassom	Poli (hidroxibutirato)	Metrologia	Lipases	Deslocamentos
Comunicações opticas	Adsorção	Deformações	MFI	Água
Fibras ópticas	Destilação molecular	Biopolímeros	Ópticas	Água produzida
Recobrimentos	Completação inteligente	Catalise bifásica	Patente	Argamassa colante
Sensores a rede de bragg	Biosurfactantes	Rejeitos industriais	Dispositivos fotorrefrativos	Biofuel
petróleo	Microcapsulas	COVS	Biokerosene	Biolubrificantes
Extração	Pó de vidro	Peneiras moleculares	Biomateriais	Catalise básica
Processo	Perfuração A laser	Poluentes orgânicos	Biocombustíveis	Interferometria de Speckle

Fonte: IPEA com base em dados do CNPq da Petrobras.

Tabela 2.11 As 50 universidades com a maior participação de pesquisadores da Petrobras (2020)

	Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
UFRJ	2990	1195	21899
USP	1860	290	44314
UFPA	1490	274	17565
UFPE	1486	259	18204
UNICAMP	1175	225	20011
UFF	1031	254	8010
UFBA	1010	172	8426
UFPR	936	223	15642
UFRGS	887	210	15247
UERJ	779	213	6845
UFSC	765	192	14306
UFC	638	180	9068
UNESP	622	89	17456
PUC-RJ	620	249	5067
UFES	510	86	6019
FURG	500	126	6058
UFMG	476	83	13257
UNB	368	52	9097
UFAM	360	28	3654
UFS	358	81	4505
UFPB	334	34	6961
EMBRAPA	333	38	3795
UFV	331	26	8660
PUC-RS	289	37	3488
UFAL	280	93	4207
UFSCAR	277	48	8726
UENF	264	81	1843
INPA	231	11	1413
UFSM	223	52	8958
UFCG	222	65	4879
FIOCRUZ	212	55	2480
UFMA	209	28	2753
UFJF	181	77	4444
UNISINOS	177	47	2439
UNEB	166	7	4055
FURB	147	14	1621

Tabela 2.11 As 50 universidades com a maior participação de pesquisadores da Petrobras (2020)

(*Cont.*)

	Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
UNIVALI	146	9	2341
UFG	145	8	5660
IME	142	85	1567
UFU	137	27	4761
INPE	135	47	4097
UFOP	131	24	3602
IPT-SP	129	46	1582
UFRAM	125	0	1619
MUSEU GOELDI	124	14	520
UEFS	122	14	1806
IFE-RJ	121	45	1201
UEL	120	22	3660
UERN	120	8	910
UCS	119	32	1873

Fonte: IPEA com base em dados do CNPq da Petrobras. OBS: O percentual foi calculado considerando apenas os pesquisadores que declararam grandes áreas do conhecimento e subáreas de conhecimento na formação acadêmica de doutorado ou mestrado.

Tabela 2.12 As 15 principais agências de fomento que financiam pesquisadores vinculados a projetos da Petrobras (2020)

	Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
CNPQ/CAPES	**2316**	**657**	**20955**
FAPESP	**610**	**164**	**6820**
FAP-PE	**352**	**92**	**2626**
FAPERJ	**236**	**90**	**963**
FAP-BA	**145**	**40**	**923**
FAPMIG	**136**	**38**	**1507**
FAP-RS	**127**	**43**	**1013**
FINEP	**122**	**44**	**947**
FAP-AM	**99**	**19**	**785**
FAP-ES	**99**	**22**	**618**
FAP-SE	**98**	**33**	**553**
FAP-CE	**74**	**31**	**638**
FAP-MA	**69**	**8**	**615**
FAP-DF	**66**	**21**	**653**
FAP-PR	**54**	**15**	**681**

Tabela 2.13 Produção na área científica de inteligência artificial

		Pesquisadores financiados pela Petrobras	Pesquisadores vinculados ao Cenpes	Demais pesquisadores
TOTAL	Total	851	378	390.842
AI_patente	Média	6	3	250
Per_AI_patente	Total	0,007	0,008	0,001
AI_patente	Média	23	7	9
Per_AI_livro	Total	0,027	0,019	0,000
AI_capitulo	Média	87	38	65
Per_AI_Capítulo	Total	0,102	0,101	0,000
AI_apresentacao	Média	90	18	82
per_AI_apresentação	Total	0,106	0,048	0,000
AI_artigo	Média	591	210	22.989
Per_AI_artigo	Total	0,694	0,556	0,059
AI_artigo_B12	Média	45	14	1.300
Per_AI_artigo_A12	Total	0,076	0,067	0,057
AI_artigo_B12	Média	215	80	5.573
Per_AI_artigo_B12	Total	0,364	0,381	0,242
AI_artigo_B45	Média	156	61	4.958
Per_AI_artigo_B45	Total	0,264	0,290	0,216
AI_artigo_CB5	Média	175	55	11.158
per_AI_artigo_CB5	Total	0,296	0,262	0,485

Fonte: IPEA com base em dados do CNPq da Petrobras. Fonte: IPEA com base em dados do CNPq da Petrobras. OBS: Para cálculo da média e do total de pesquisadores foram considerados apenas mestres e doutores, as informações que disponibilizaram o pais da produção acadêmica e aqueles pesquisadores com alguma produção acadêmica de acordo com as possibilidades do CV-Lattes.

2.3 Efeito Causal em Estudos Observacionais

Para avaliar os efeitos do engajamento em atividades acadêmicas de pesquisa sob demanda ou envolvimento das instituições Cenpes/Petrobras e/ou ANP, vamos utilizar a metodologia dos *escores* de propensão para mensuração de efeito de tratamento. A eficácia dos *escores* de propensão para corrigir viés de seleção pré-tratamento já foi anteriormente discutida por Imbens e Wooldridge (2009) e Alves e Silva (2017). Na abordagem usual para mensuração de efeitos de tratamento, primeiramente deve-se obter os escores de propensão, utilizando tradicionalmente regressão logística ou *probit*. Essas probabilidades estimadas serão utilizadas em algum procedimento de balanceamento (*matching*), estratificação ou ponderação dos grupos de pesquisadores tratados e não tratados (Stuart, 2010). Na presente avalição, as unidades observacionais tratadas são aqueles pesquisadores que engajaram em projetos de pesquisa sob demanda ou envolvimento do Cenpes/Petrobras e/ou ANP.

Antes de aplicar algum método de balanceamento é necessário verificar a validade da hipótese de igualdade entre as distribuições das covariáveis de pré-tratamento d os grupos tratamento e controle. Se os dois grupos estão adequadamente balanceados então prosseguimos a análise e podemos calcular os efeitos médios do tratamento (Abadie e Imbens, 2009).

Ao aplicar algum método de balanceamento é necessário verificar ainda a qualidade das probabilidades de atribuição de tratamento[3] estimadas. Probabilidades estimadas com baixa qualidade induzem um viés sobre as medidas do Efeito de Tratamento Médio (ATE) e Efeito sobre os Tratados (ATT) (Alves e Silva, 2017). Probabilidades muito próximas de zero ocasionam o problema de explosão dos pesos na atribuição de efeito de tratamento (Caliendo e Kopeinig, 2005; Austin *et al.*, 2018.), e geram dificuldades na construção de regiões de suporte comum.

Para o caso binário, suponha que existem N unidades na amostra e queremos estimar o efeito médio do tratamento (ATE), conforme:

$$ATE = E\Big(\big(Y_i(1)\big) - E(Y_i(0)\Big) \tag{2.1}$$

Onde $Y_i(1)$ é a variável resposta quando o pesquisador i recebe tratamento e $Y_i(0)$ é a variável resposta quando o mesmo pesquisador *i* não recebe tratamento (Rubin, 2009).

Seja $Z_i = \{0,1\}$ uma variável indicadora que denota o recebimento de financiamento pelo pesquisador *i*. Ao contrário de estudos randomizados, tais como ensaios clínicos, em estudos observacionais, para cada pesquisador, existe somente um estado possível Z_i, isto é, o resultado que realmente aconteceu[4]: $Y_i = Z_i Y_i(1) + (1 - Z_i) Y_i(0)$. Consequentemente não podemos calcular, para o pesquisador *i*, o efeito médio do tratamento $ATE = E(Y_i(1) - Y_i(0)$ $ATE = E(Y_i(1) - Y_i(0)$ ou o efeito médio de tratamento sobre os tratados $ATT = E\big(Y_i(1) - Y_i(0) \mid Z_i = 1\big)$ (Imbers, 2009).

Vamos definir a função *escore* de propensão $e(x) = P(Z_i = 1 || x)$ como sendo a probabilidade condicional de receber o tratamento dado um vetor *x* de covariáveis. Segundo notação encontrada em Rosenbaum (1983), temos:

$$P(Z_1, \ldots, Z_n | x) = \prod_{i=1}^{N} e(x_i)^{Z_i} [1 - e(x_i)]^{1 - Z_i} \tag{2.2}$$

---

[3] Probabilidades preditas de um modelo probit ou logit.

[4] Não estamos considerando ainda aqui a dimensão temporal.

A equação 2.2 introduzida por Rosenbaum (1983) refere-se tradicionalmente a probabilidades estimadas de um modelo logístico ou probit (Hosmer e Lemeshow, 2000). Entretanto a estimação de máxima verossimilhança é falha quando estamos diante de eventos raros (King e Zeng, 2001; Alves e Silva, 2017), ou diante de omissão de variáveis relevantes. Por este motivo alguns trabalhos mais recentes têm utilizado metodologias baseadas em aprendizado de máquina, tais como, redes neurais, Máquinas de Suporte Vetorial (SVM), Árvores de Decisão (CART) e *gradient boosted trees* (Westreich, 2010; Mccffrey *et al.*, 2015). Tais metodologias apresentam a robustez de não se basearem nos pressupostos clássicos de estatística paramétrica, tais como ausência de multicolinearidade, linearidade entre as probabilidades e efeitos marginais, funções de ligação, entre outros pressupostos.

Em estudos randomizados, tais como delineamentos de experimentos ou ensaios clínicos, $e(x)$ é perfeitamente conhecida. A atribuição de tratamento Z entre unidades observacionais é condicionalmente independente das variáveis respostas $Y_i(1)$ e $Y_i(0)$ e, dado um vetor de covariáveis (v).

$$\left(Y_i(1), Y_i(0)\right) \perp Z \mid x \tag{2.3}$$

Entretanto, em estudos observacionais, tais como avaliações de bancos de dados cadastrais e surveys, a função $e(x)$ precisa ser estimada. Nesta circunstância as unidades observacionais tratadas diferem sistematicamente das unidades observacionais não tratadas, previamente ao tratamento (Austin *et al.*, 2018). Conseguintemente, a ignorabilidade forte do tratamento segundo a expressão (2.3) fica invalidado. Rosenbaum (1983) mostra que o pressuposto de ignorabilidade forte do tratamento é será válido em estudos observacionais a partir de um vetor de probabilidades de atribuição de tratamento $P(Z_i = 1|x)$:

$$\left(Y_i(1), Y_i(0)\right) \perp Z \mid v,\ P(Z_i = 1|x); \forall v \tag{2.4}$$

Em nosso estudo, a elegibilidade dos pesquisadores para engajamento em projetos de pesquisa no contexto das instituições Cenpes/Petrobras e/ou ANP é um tratamento não aleatorizado. Os pesquisadores selecionados para os projetos são aqueles com as melhores propostas, e maior experiência em áreas muito especificas de conhecimento. A seleção é realizada visando-se assegurar os melhores resultados de pesquisa nos projetos possíveis, que sejam capazes de observar critérios mínimos de governança dos recursos e manter o compromisso com prazos previamente estabelecidos. A dinâmica de atribuição

do tratamento e a natureza dos dados disponíveis para o nosso estudo caracterizam a presente avaliação como um estudo observacional. A atribuição de tratamento está correlacionada com características pré-existentes, ou seja,

$$E(Y_i(1)||Z_i=1 \neq E(Y_i(1) \text{ e } E(Y_i(0)||Z_i=0 \neq E(Y_i(0).$$

Consequentemente, não podemos estimar diretamente o efeito do tratamento através de diferença entre médias.

De acordo com Rosenbaum (1983), se a atribuição do tratamento contém a propriedade de ignorabilidade forte condicionada à um vetor de covariáveis *x*, então a propriedade de ignorabilidade forte também se mantem diante de uma função *escore* de balanceamento *b(x)*. A partir dessa ideia a equação 2.4 pode ser descrita como:

$$\left(Y_i(1), Y_i(0)\right) \perp Z \mid b(x),\ P\left(Z_i=1|b(x)\right) \tag{2.5}$$

O efeito médio do tratamento (ATE) da expressão (2.1) é o mesmo que $E\left(Y_i(1)\right)-E(Y_i(0))$, e podemos definir:

$$ATE = E_x\left\{E\left(Y_i|x,\ Z_i=1\right)-E\left(Y_i|x,\ Z_i=0\right)\right\} \tag{2.6}$$

Usando propriedade de ignorabilidade forte da atribuição de tratamento, e lançando mão do *escore* de balanceamento *b(x)*, pode-se simplificar a expressão (2.6) para: $E_x\left\{E\left(Y_i|b(x)\right)-E\left(Y_i(1)|b(x)\right)\right\}$. Tomando os valores esperados sobre *b(x)* temos:

$$ATE = E_{b(x)}\left\{E\left(Y_i|b(x)\right)-E\left(Y_i(1)|b(x)\right)\right\} = E\left[Y_i(1)-Y_i(0)\right] \tag{2.7}$$

A Teoria Casual de Rubin fornece uma maneira de equilibrar as características ré-tratamento entre observações tratadas e não tratadas, emulando dados obtidos de um experimento randomizado e possibilitando mensurar efeitos do tratamento em estudos observacionais (Rubin, 2006). Entretanto, cabe ressaltar que a Teoria Casual de Rubin não faz menção ao uso de escores de propensão estimados $\left(\hat{e}_i=\hat{P}(Z_i=1\mid X_i\right)$. Na literatura empírica de avaliação de efeitos de tratamentos é onde encontramos uma diversidade de relatos sobre as limitações e dificuldades advindas na estimação de escores de propensão, e sua utilização para balanceamento dos dados e eliminação do viés de seleção (DONG *et al.* 2020; COOK *et al.*, 2008). Por exemplo, sabe-se que a omissão

de variáveis relevantes do modelo probabilístico pode resultar em probabilidades estimadas viciadas $E\left[\hat{P}\left(Z_i = 1|X_i\right)\right] \neq p$. E quando estamos lidando com eventos raros, o *escore* de propensão aproximará a zero $\left(\hat{e}_i \to 0\right)$ (King e Zeng, 2001.), violando a segunda condição de Rubin $0 << P\left(Z_i = 1|X_i\right) << 1$, e impossibilitando a construção que o tratamento deve ter não-negativo probabilidade de atribuição.

2.3.1 Avaliação do escore de propensão para múltiplos tratamentos

Algumas avaliações de políticas públicas podem incluir a avaliação de tratamentos que possuem respostas múltiplas. No presente estudo os pesquisadores podem participar simultaneamente de diversos projetos de pesquisa.

Para apresentar a notação de avaliação de múltiplos efeitos, vamos introduzir uma variável indexadora: $r \in \{0, 1, \cdots, R-1\}$, onde r assume valor zero quando não existe participação no tratamento, e toma valores $\{1, \ldots, R-1\}$ quando ocorre a participação nas demais categorias.

Suponha i um pesquisador, o qual é atribuído a um dos R tratamentos mutuamente exclusivos. Seja Y_i^0, $Y_i^1, \ldots, Y_i^{R-1}$ os resultados potenciais para este pesquisador. Y_i^0 é o resultado que seria realizado se o indivíduo fosse atribuído ao tratamento 0. Y_i^1 é o resultado que seria realizado se o indivíduo fosse designado para tratamento 1 e assim por diante.

Frolich (2004) lida com cada um desses resultados potenciais utilizando uma variável latente *ex ante* que seria observada, caso o indivíduo participasse do respectivo nível de atribuição de tratamento. O resultado e*x post* ao tratamento correspondente somente ao valor efetivamente observado. Para a mesma observação *i*, os outros resultados potenciais são contrafactuais e não observáveis por definição.

A definição de resultados potenciais emprega implicitamente o pressuposto de falta de interferência entre diferentes observações, conhecida como "suposição de tratamento para observações estáveis" (Rubin, 2006).

De acordo com esta suposição, existem *R* resultados potenciais para a observação *i*. Esses resultados potenciais não são afetados pela alocação de outros indivíduos a um dos níveis dos tratamentos. Considere *D* um vetor de alocação de tratamento e *Y* o vetor dos resultados observados de todos os indivíduos. Define-se *Y*(*D*) como o vetor do resultado potencial que seria observado se todos os indivíduos fossem alocados à política de acordo com a alocação *D* (Frolich, 2004).

Considere que $Y_i(D)$ denote o *i*-ésimo elemento do vetor de resultado potencial. A "suposição de tratamento da unidade estável" declara que para duas alocações D e D':

$$Y_i(D) = Y_i(D')\ D_i = D'_i \tag{2.8}$$

Onde D e D' denotam o *i*-ésimo elemento das alocações D e D', respectivamente. A condição (2.8) afirma que o Y_i observado dependerá apenas da atribuição de tratamento real para a observação i e será independente na alocação de outras observações.

2.3.2 Efeitos médios do tratamento e viés de seleção para múltiplos tratamentos

A diferença entre os resultados potenciais de Y_i^r e Y_i^s pode ser interpretada como o efeito de tratamento *r* sobre a observação *i* relativa ao tratamento *s*. Interpretamos Y_i^r e Y_i^s como o efeito casual de atribuição do tratamento *r* e não da atribuição do tratamento *s*.

No entanto, em avaliações observacionais, os efeitos de tratamento individual Y_i^r e Y_i^s nunca podem ser medidos, uma vez que apenas um dos resultados potenciais Y_i^0, Y_i^1,..., Y_i^{R-1} está disponível (Rubin, 2006). Vamos representar o resultado dos níveis de tratamento exclusivos por $Y_i^{D_i}$, onde $D_i \in \{0, 1, \ldots, R-1\}$, para indicar a atribuição de tratamento real dada à observação *i*.

Na estrutura de tratamento multinomial, o efeito médio do tratamento (ATE) é dado por:

$$ATE = E\left(Y_i^r - Y_i^s\right)\ s \neq r \tag{2.9}$$

A equação 2.9 é a diferença entre o resultado esperado do tratamento *r* e o resultado esperado dos tratamentos *s* para uma dada observação aleatória da população. Analogamente, o efeito médio de tratamento sobre os tratados é dado por:

$$ATT = E(Y_i^r - Y_i^s \mid D = r) s \neq r \tag{2.10}$$

Essa é a diferença de resultados esperados para um indivíduo *i* na subpopulação de participantes na atribuição *r*.

No caso de tratamentos multivariados a análise torna-se mais complexa e rica. Por exemplo, dependendo do contexto da política, pode-se preocupar-se

em medir o efeito entre a atribuição do tratamento *r* em relação ao contrafactual $E\left(Y_i^r - Y_i^s \mid D = r\right)$ e atribuição de tratamento *s* em relação ao contrafactual $E\left(Y_i^r - Y_i^s \mid D = r\right)$, dada pela expressão $E\left(Y_i^r - Y_i^s \mid D = r\right) - E\left(Y_i^r - Y_i^s \mid D = s\right)$. Portanto, podemos calcular muitos efeitos relevantes no caso de tratamento múltiplo.

Conforme apontado por Caliendo (2008), muitas das estratégias de identificação do tratamento binário são menos intuitivamente na avaliação de múltiplos tratamentos, como a abordagem diferença-indiferença (Abadie, 2009) e as variáveis instrumentais (Imbens, 2009).

Suposições adicionais são necessárias para medir os efeitos médios do tratamento no caso de tratamento múltiplo (Caliendo, 2008). Seja $\left\{\left(x_i, D_i, Y_i\right)\right\}$ uma coleção de covariáveis (x_i), atribuição do tratamento (D_i) e o resultado do tratamento (Y_i) da amostra onde $Y_i = Y_i^{D_i}$ é o resultado real da observação *i*. Uma vez que apenas um Y_i^r observado para as unidades atribuídas ao tratamento *r*, os dados observacionais permitem identificar $E\left(Y_i^r \mid D = r\right)$ e $E\left(Y_i^r \mid x_i, D = r\right)$, $\forall r$. Como não observamos $E\left(Y_i^r\right)$ ou $E\left(Y_i^r \mid D = s\right)$, os resultados potenciais são diferentes entre os subgrupos da população, então:

$$E(Y_i^r \mid x_i, D = r) \neq \left(Y_i^r \mid x_i, D = s\right) \neq E\left(Y_i^r\right) \tag{2.11}$$

A solução ideal para evitar o viés de seleção devido à seleção sistemática dos participantes é atribuir indivíduos aleatoriamente aos programas, como defendido por Fisher (1935). A aleatorização garante que a probabilidade de ser atribuída a um determinado tratamento não é influenciada pelos resultados potenciais:

$$P\left(D = d \mid Y_i^0, Y_i^1, \cdots, Y_i^{(R-1)}\right) = P\left(D = d\right) \tag{2.12}$$

Isso pode ser ilustrado ao dizer que os resultados potenciais Y_i^0, $Y_i^1, \ldots, Y_i^{R-1}$ são estatisticamente independentes. Consequentemente, os resultados observados Y_i^r entre a unidade atribuída ao tratamento *r* têm o mesmo valor esperado que os resultados potenciais Y_i^s entre a unidade atribuída ao tratamento *s*.

Neste estudo aplicaremos a metodologia de tratamento multivariado no contexto de eventos raros. As categorias de tratamento serão definidas na próxima seção, e a metodologia quantitativa aplicada para estimação de escores de propensão em eventos raros será explicada na seção 7.

2.3.3 Definição de tratamentos

A definição das variáveis de tratamento baseou-se nas remessas de dados enviadas pelo Cenpes/Petrobras e pela ANP para análise. Essas remessas de dados foram complementadas pelas declarações dos próprios pesquisados quanto às participações de projetos, tal como encontrados no banco de dados da plataforma Lattes. A seguir segue a descrição dos seis tratamentos construídos, bem como a distribuição de frequência dos tratamentos ao longo do tempo.

1. PETRO_PETRO: Participação em projeto de pesquisa financiado pela Petrobras conforme remessa de dados Cenpes.
2. PETRO_LATTES: Participação em projeto de pesquisa financiado pela Petrobras conforme declaração do pesquisador no currículo Lattes.
3. Cenpes_LATTES: Participação em projeto de pesquisa financiado pelo Cenpes/Petrobras conforme declaração do pesquisador no currículo Lattes.
4. PETRO_LAB: Participação em laboratório de pesquisa estabelecidos em parceria com a Petrobras.
5. ANP_ANP: Participação em projeto de pesquisa financiado pela ANP conforme remessa de dados da ANP.
6. ANP_LATTES: Participação em projeto de pesquisa financiado pela ANP conforme declaração do pesquisador no currículo Lattes.

Observamos que os diferentes tratamentos não compartilham da mesma cobertura temporal, o que pode dificultar comparações entre os tratamentos. Dificuldade adicional é apresentada pelos tratamentos PETRO_LAB e ANP_ANP, cujas fontes de dados não permitem estabelecer o período de duração exato do início de engajamento.

Tabela 2.14 Distribuição de frequência dos tratamentos ao longo do tempo

ANO	PETRO_PETRO	PETRO_LATTES	Cenpes_ LATTES	PETRO_LAB	ANP_LATTES	ANP_ANP
2000	0	545	116	213	88	1012
2001	0	780	175	213	127	1012
2002	0	1091	237	213	172	1012
2003	0	1376	296	213	194	1012
2004	0	1674	337	213	188	1012
2005	0	2044	441	213	202	1012
2006	0	2386	523	213	220	1012
2007	0	2815	632	213	254	1012

Tabela 2.14 Distribuição de frequência dos tratamentos ao longo do tempo *(Cont.)*

ANO	PETRO_PETRO	PETRO_LATTES	Cenpes_ LATTES	PETRO_LAB	ANP_LATTES	ANP_ANP
2008	0	3166	769	213	276	1012
2009	0	3239	826	213	276	1012
2010	0	3189	823	213	295	1012
2011	0	3109	781	213	302	1012
2012	0	2978	734	213	296	1012
2013	0	2756	674	213	273	1012
2014	0	2538	629	213	264	1012
2015	0	2382	593	213	243	1012
2016	29	2179	574	213	238	1012
2017	812	2069	541	213	240	1012
2018	2590	2124	568	213	236	1012
2019	3960	2126	585	213	248	1012
2020	3914	2097	578	213	245	1012
2021	3326	2094	578	213	245	1012
2022	2379	2094	578	213	245	1012

Fonte: Elaboração dos autores.

2.3.4 Tratamento temporal e variáveis de impacto

Quando possuímos uma marcação dos tratamentos ao longo do tempo, idealmente estes são acompanhados de forma dinâmica, definindo-se um período de tempo arbitrário mesmo após o fim do tratamento. Por exemplo, considerando um tratamento iniciado em t, com período de duração de k anos, as variáveis de produtividade acadêmica poderiam ser avaliadas em até dois anos após o fim do projeto, ou seja, no período t a t+k+2. Esta cobertura temporal pode ser ainda ampliada quando se considera a definição do grupo de controle. Por exemplo, os controles poderiam ser buscados entre os pesquisadores que nunca participam de nenhum projeto de pesquisa no período t-k-2 a t+k+2.

Assim $TRAT(i,j,t)$ seria uma variável indicadora para o pesquisador i, recebendo algum dos tratamentos j no tempo t, onde $TRAT(i,j,t)$ 0 é o controle. Considerando o período de tempo de 2004 até 2015, a Tabela 2.15 demonstraria o processo de acompanhamentos do impacto dos tratamentos sobre as variáveis dependente e a definição do grupo controle.

Na tabela, o pesquisador 3 recebeu tratamento 2 (i=3, j=2), sendo utilizado como controle na avaliação do tratamento 1 (i=1, j=1). Apesar do pesquisador 4 (i=4, j=3) ter recebido tratamento 3 em um período mais afastado no tempo, também não é utilizado como controle na avaliação do tratamento

1 (i=1, j=1). O pesquisador 1 foi tratado nos anos 2008, 2009 e 2010, mas escolhemos acompanha-lo mesmo dois anos após o fim do tratamento. O pesquisador 2, não recebeu os tratamentos 1, 2 ou 3, e será aproveitado na avaliação do tratamento 1 como grupo de controle.

Tabela 2.15 Exemplo de acompanhamento da variável dependente

Descrição	TRAT (i=1,j=1,t)	2000	2005	2010	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2022
Duração do Tratamento	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Acompanhamento	1	-	-	0	0	1	1	1	1	1	-	-	-
Controle	*TRAT*(i=2,j=0,t)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Missings	*TRAT*(i=3,j=2,t)	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-
	TRAT(i=4,j=3,t)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração dos autores com base em dados do CNPq, CAPES e Petrobras.

A definição das variáveis de tratamento baseou-se nas remessas de dados enviadas pelo Cenpes/Petrobras e pela ANP para análise. Essas remessas de dados foram complementadas pelas declarações dos próprios pesquisados quanto às participações de projetos, tal como encontrados no banco de dados da plataforma Lattes. A seguir, a descrição dos seis tratamentos construídos, bem como a distribuição de frequência dos tratamentos ao longo do tempo.

Tabela 2.16 Cobertura temporal por tratamento

Descrição	TRAT(j)	2000	2005	2006	2007	2012	2013	2014	2015	2016	...	2020	2021	2022
PETRO_PETRO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	X
PETRO_LATTES	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cenpes_LATTES	3	0	0	0	0	0	0	0	0					
PETRO_LAB	4	Não definido												
ANP_LATTES	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ANP_ANP	6	Não defindo												

Fonte: elaboração dos autores com base em dados do CNPq, CAPES e Petrobras

2.3.5 Modelo probabilístico

Segundo Hosmer e Lemeshow (2000) o modelo logístico binário relaciona um conjunto de variáveis independentes $(X1, X2, ..., Xp)$ com uma variável dependente Y_i que assume apenas dois possíveis estados (0 ou 1).

$$P\left(TRAT_{ijt} = 1|\boldsymbol{X}\right) = \frac{\exp\left(X\beta\right)}{1+\exp\left(X\beta\right)}$$

Onde, $TRAT_{ijt} = 1;\ \forall j = 1\ldots,6$ é a variável dependente do modelo probabilístico.

Os parâmetros são tradicionalmente estimados por máxima verossimilhança e as probabilidades preditas são obtidas através da função logit. As variáveis explicativas são todas oriundas da plataforma Lattes e encontram-se definida a seguir.

1. Idade acadêmica do pesquisador
2. Área de conhecimento da última formação (mestrado, doutorado, pós-doutorado, livre docência) do pesquisador
3. Nível de formação: Define-se uma variável binária que assume 1 para pesquisadores doutores e 0 para os demais pesquisadores.
4. Nota da CAPES para a pós-graduação do pesquisador
5. Número total de coautores.
6. Número de locais trabalhados.
7. Alma mater: Universidade de formação mais recente.
8. Ano de início de operação do laboratório: variáveis binárias para: (i) antes de 1970; (ii) entre 70 e 79; (iii) entre 80 e 89; (iv) entre 90 e 99; (v) entre 2000 e 2009; (vi) entre 2010 e 2020;
9. Número de locais já trabalhados;

Modelagem Econométrica: PETRO_LAB

Objetivo: Estimar o aumento da produção científica dos pesquisadores devido a características dos laboratórios de pesquisa onde trabalham (PETRO_LAB). Nesta especificação os modelos serão estimados apenas para os 281 pesquisadores que responderam o questionário sobre a infraestrutura;

Abordagem 1:

Variável dependente: Número de artigos publicados (ou último ano disponível), ou o número de artigos com classificação A1 e A2, B1 e B2, B3 e C.

Variáveis explicativas:

1. Idade acadêmica do pesquisador.
2. Área da última formação (mestrado, doutorado, pós-doutorado, livre docência) do pesquisador.
3. Nível de formação: Aqui se define uma variável binária que assume 1 para pesquisadores doutores e 0 para os demais pesquisadores.
4. Nota da CAPES para a pós-graduação do pesquisador.

5. Número total de pesquisadores no laboratório do pesquisador: variável que está no questionário, que será a soma de número de doutores, doutorandos, mestres, mestrandos e graduados.
6. Valor do investimento recebido da Petrobras em 2019 (como proxy do valor recebido da Petrobras anualmente).
7. Ano de início de operação do laboratório: variáveis binárias para: (i) antes de 1970; (ii) entre 70 e 79; (iii) entre 80 e 89; (iv) entre 90 e 99; (v) entre 2000 e 2009; (vi) entre 2010 e 2020.
8. Número de locais já trabalhados.

Abordagem 2:

Variável dependente: Número de artigos publicados (ou último ano disponível), ou o número de artigos com classificação A1 e A2, B1 e B2, B3 e C.

Variáveis explicativas:

1. Idade acadêmica do pesquisador.
2. Área da última formação (mestrado, doutorado, pós-doutorado, livre docência) do pesquisador.
3. Nível de formação: Aqui se define uma variável binária que assume 1 para pesquisadores doutores e 0 para os demais pesquisadores.
4. Nota da CAPES para a pós-graduação do pesquisador.
5. Número total de pesquisadores no laboratório do pesquisador: variável que está no questionário, que será a soma de número de doutores, doutorandos, mestres, mestrandos e graduados.
6. Valor do investimento recebido da Petrobras em 2019 (como proxy do valor recebido da Petrobras anualmente).
7. Ano de início de operação do laboratório: variáveis binárias para: (i) antes de 1970; (ii) entre 70 e 79; (iii) entre 80 e 89; (iv) entre 90 e 99; (v) entre 2000 e 2009; (vi) entre 2010 e 2020.
8. Número de locais já trabalhados.
9. Aqui acrescentamos o tamanho do laboratório, investimento recebido e ano de início.
10. Tamanho do laboratório: variáveis binárias para as diferentes faixas de tamanho: (i) até 1 milhão; (ii) entre 1 e 3 milhões; (iii) entre 3 e 5 milhões; (iv) entre 5 e 10 milhões; (v) acima de 10 milhões.
11. Valor do investimento recebido da Petrobras em 2019 (como proxy do valor recebido da Petrobras anualmente).

12. Ano de início de operação do laboratório: variáveis binárias para: (i) antes de 1970; (ii) entre 70 e 79; (iii) entre 80 e 89; (iv) entre 90 e 99; (v) entre 2000 e 2009; (vi) entre 2010 e 2020.

2.3.6 Região suporte comum e pesos para ATE e ATT

Umas das possibilidades na avaliação de efeitos de tratamento é a utilização das chamadas regiões de suporte comum (Caliendo e Kopeinig, 2005). Este procedimento utiliza as probabilidades preditas dos modelos simulados para eliminar da análise os pesquisadores cujas probabilidades preditas tenham valores extremos, mantendo na análise somente aquelas "comparáveis", por assim dizer. Além disso, utilizamos as probabilidades preditas como peso nos modelos de regressão, permitindo interpretar os parâmetros da regressão como sendo o efeito médio do tratamento (ATE) ou o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT).

No caso binário, a região de suporte comum é um intervalo cujo limite superior é dado pela a probabilidade máxima encontrada no grupo controle e a probabilidade mínima encontrada entre os pesquisadores tratados.

$$\begin{cases} TRAT_{ijt} = 0 \Rightarrow \hat{P}\left(PETROBRAS = 1 | PETROBRAS = 0\right) < MIN\left\{\hat{P}\left(PETROBRAS = 1|X\right)\right\} \\ TRAT_{ijt} = 1 \Rightarrow \hat{P}\left(PETROBRAS = 0 | PETROBRAS = 0\right) < MAX\left\{\hat{P}\left(TRAT_{ijt} = 0|X\right)\right\} \end{cases}$$

2.3.7 Efeito médio do tratamento (ATE)

Uma vez aplicada feita a restrição de suporte comum sobre a população dos pesquisadores, o efeito médio do tratamento pode ser obtido estimando-se o modelo de regressão abaixo por mínimos quadrados ou mínimos quadrados ponderados. Ao se estimar o modelo por mínimos quadrados ponderados o peso do modelo é definido conforme a expressão:

$$W_{ATE} = \begin{cases} TRAT = 0 \Rightarrow & \dfrac{1}{1 - \left[\hat{P}\left(TRAT = 1\right)\right]} \\ TRAT = 1 \Rightarrow & \dfrac{1}{\hat{P}\left(TRAT = 1\right)} \end{cases}$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 (Dummy1) + \beta_2 (Dummy2) + \beta_3 (Dummy3) + \mathbf{x'\beta} + \varepsilon$$

Onde a variável dependente do modelo de regressão são os indicadores de produtividade cientifica, o vetor *X* contém as variáveis de controle, e a regressão é estimada utilizando os pesos *W*.

2.3.8 Efeito do tratamento sobre os tratados

A interpretação do efeito do tratamento sobre os tratados (ATT) difere ligeiramente da interpretação do efeito médio do tratamento (ATE) (McCaffrey *et al*., 2016). Enquanto efeito médio do tratamento (ATE) refere-se ao impacto médio sobre toda a população, o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT) refere-se ao impacto do tratamento somente sobre os tratadas.

Aqui também foi aplicada a restrição da região de suporte comum. O efeito do tratamento sobre os tratados é obtido estimando-se o modelo de regressão mínimo quadrados ponderados na amostra restrita, onde o peso é definido conforme a expressão:

$$W_{ATT} = \begin{cases} TRAT = 0 \Rightarrow & \dfrac{\hat{P}(TRAT = 1)}{1 - \left[\hat{P}(TRAT = 1)\right]} \\ TRAT = 1 \Rightarrow & 1 \end{cases}$$

2.3.9 Base de dados currículo lattes

Esta seção apresenta uma estratégia econométrica para mensuração da produtividade acadêmica dos pesquisadores envolvidos em projetos de pesquisa sob demanda ou envolvimento das instituições Cenpes/Petrobras e/ou ANP. A estratégia econométrica apresentada abrange uma diversidade de etapas, tais como, (i) a adequada definição dos tratamentos, (ii) seleção dos indicadores de *performance*, (iii) construção de variáveis de controle, (iv) escolha da metodologia quantitativa, e (v) definição da ferramenta de análise. Todas essas dimensões serão adequadamente detalhadas, esclarecendo-se os pontos fortes e as limitações de cada uma das escolhas metodológicas.

A construção das variáveis de tratamento baseia-se nas remessas de dados do Cenpes/Petrobras e ANP, tendo sido adicionalmente complementadas pelas autodeclarações dos pesquisadores encontrados na própria plataforma Lattes. O banco de dados da plataforma Lattes também originou os indicadores de produtividade analisados e as variáveis de controle necessárias na estratégia de mensuração.

Também detalharemos a estratégia de avaliação da produtividade dos pesquisadores, a qual é baseada em mensuração de efeitos de tratamento com base em *scores* de propensão para correção de viés de seleção. Esta estratégia permite a mensuração de mudanças em indicadores de produtividade devido ao tratamento, ou seja, após o engajamento em atividades de pesquisa apoiadas pelo Cenpes/Petrobras e/ou ANP.

2.4 Impacto da Petrobras sobre a Ciência

A mensuração dos efeitos do tratamento requer o controle, na melhor medida possível, do chamado viés de seleção (Rubin, 2006.). No presente contexto o viés de seleção se refere à expectativa que os melhores pesquisadores sejam selecionados para participação nos projetos da Petrobras, consequentemente possuindo maior produtividade esperada já antes do engajamento nos projetos. A abordagem adotada para controle do viés de seleção é composta por dois estágios, em que no primeiro estágio são estimados três modelos modelo logístico, tendo como variáveis dependentes, respectivamente, PETRO_PETRO, CENPES_LATTES, PETRO_LATTES. Ainda no primeiro estágio utilizamos como variáveis explicativas a idade acadêmica do pesquisador, o número de coautores, a nota capes do mestrado ou doutorado, a universidade de formação do pesquisador (categórica), uma variável indicadora para dedicação exclusiva, o número total de artigos e livros publicados, marcas, patentes e *software* registrados, a unidade da federação do pesquisador (categórica), a área de conhecimento (categórica), o gênero do pesquisador, o tipo de vínculo do pesquisador com a instituição de ensino e uma variável indicadora para cargo de direção.

Após a estimação dos modelos probabilísticos, utilizamos as probabilidades preditas para balancear as observações pertencentes aos grupos de pesquisadores apoiados e não apoiados pelos projetos da Petrobras. Assim criamos, por assim dizer, amostras sinteticamente idênticas, dado o conjunto de variáveis explicativas incluído no primeiro estágio, e divergindo somente na presença do tratamento.

Tabela 2.17 Especificação dos modelos probabilísticos de primeiro estágio

Variáveis dependentes	Variáveis explicativas
PROB(PETRO_PETRO=1)	LN(IDADE), LN(Nº de Coautores), LN(Nota CAPES), Universidade, Dedicação exclusiva, LN(Nº de Artigos), LN(Nº de Livros), LN(Nº de Marcas), LN(Nº de Patentes), LN(Nº de *Software*), UF do pesquisador, Área de conhecimento, Gênero, Vínculo, Cargo de direção.
PROB(CENPES_LATTES=1)	
PROB(PETRO_LATTES=1)	

Fonte: elaboração dos autores com base em dados do CNPq, CAPES e Petrobras.

O tratamento PETRO_PETRO representa os pesquisadores com vínculo com a Petrobras identificado através dos registros de projetos disponibilizados pelo Cenpes/Petrobras. Os tratamentos CENPES_LATTES e PETRO_LATTES identificam autodeclarações de projetos de pesquisa executados com apoio ou encomenda da Petrobras e identificados por meio dos dados do CNPq. Os dois tratamentos diferem na menção explicita ao Centro de Pesquisa da Petrobras (CENPES_LATTES) ou à menção mais genérica à Petrobras (PETRO_LATTES).

A estimação dos modelos probabilísticos permitiu estimar as probabilidades preditas de participar em projeto financiado pela Petrobras (PETRO_PETRO, CENPES_LATTES, PETRO_LATTES) para cada pesquisador. Utilizamos estas probabilidades para duas finalidades, calcular um peso para o modelo de regressão do segundo estágios, e para criar a região de suporte comum. Estas duas medidas possuem como objetivo retirar o chamado viés de auto-seleção na estimação de efeitos de tratamento, estabelecendo amostras de pesquisadores sinteticamente idênticos, que diferem somente pela presença de tratamento (PETRO_PETRO, CENPES_LATTES, PETRO_LATTES).

De forma geral a chamada Região de Suporte comum pode ser definida como um critério de exclusão das observações com probabilidades de tratamento muito altas ou muito baixas. Existem várias formas de definição desses limiares. Neste trabalho utilizamos como limite inferior o percentil 25% das probabilidades preditas entre os tratados, como limite superior o percentil 75% dos não tratados. Por exemplo, para o tratamento PETRO_PETRO, considerando os pesquisadores que financiados pela Petrobras (PETRO_PETRO=1) obtemos o percentil 25%, e para os pesquisadores não financiados pela Petrobras (PETRO_PETRO=0) obtemos o percentil 75%. Todas as observações com probabilidade de tratamento fora da região de suporte comum são excluídas da amostra na estimação das regressões no segundo estágio. Assim a região de suporte comum pode ser resumida conforme a Tabela 2.18.

Tabela 2.18 Região de suporte comum

Tratamento	Limite Inferior	Limite Superior
PETRO_PETRO	PETRO_PETRO=1 → Percentil 25% de $\hat{p}$	PETRO_PETRO=0 → Percentil 75% de $\hat{p}$
CENPES_LATTES	CENPES_LATTES =1 → Percentil 25% de $\hat{p}$	CENPES_LATTES =0 → Percentil 75% de $\hat{p}$
PETRO_LATTES	PETRO_LATTES =1 → Percentil 25% de $\hat{p}$	PETRO_LATTES =1 → Percentil 75% de $\hat{p}$

Fonte: elaboração dos autores com base em dados do CNPq, CAPES e Petrobras.

Além de restringir a estimação das regressões de segundo estágio para a região de suporte comum, também adicionamos os pesos, conforme mencionado anteriormente. Os pesos são calculados da seguinte forma:

$$peso_{ATE}\left(PETRO_PETRO\right)=\begin{cases}\dfrac{1}{\hat{p}\left(PETRO_PETRO=1\right)} & \Rightarrow PETRO_PETRO=1\\ \dfrac{1}{1-\hat{p}\left(PETRO_PETRO=1\right)} & \Rightarrow PETRO_PETRO=0\end{cases}$$

$$peso_{ATT}\left(PETRO_PETRO\right)=\begin{cases}1 & \rightarrow PETRO_PETRO=1\\ \dfrac{\hat{p}\left(PETRO_PETRO=1\right)}{1-\hat{p}\left(PETRO_PETRO=1\right)} & \rightarrow PETRO_PETRO=0\end{cases}$$

$$peso_{ATE}\left(CENPES_LATTES\right)=\begin{cases}\dfrac{1}{\hat{p}\left(CENPES_LATTES=1\right)} & \Rightarrow CENPES_LATTES=1\\ \dfrac{1}{1-\hat{p}\left(CENPES_LATTES=1\right)} & \Rightarrow CENPES_LATTES=0\end{cases}$$

$$peso_{ATT}\left(CENPES_LATTES\right)=\begin{cases}1 & \Rightarrow CENPES_LATTES=1\\ \dfrac{\hat{p}\left(CENPES_LATTES=1\right)}{1-\hat{p}\left(CENPES_LATTES=1\right)} & \Rightarrow CENPES_LATTES=0\end{cases}$$

$$peso_{ATE}\left(CENPES_LATTES\right)=\begin{cases}\dfrac{1}{\hat{p}\left(CENPES_LATTES=1\right)} & \Rightarrow CENPES_LATTES=1\\ \dfrac{1}{1-\hat{p}\left(CENPES_LATTES=1\right)} & \Rightarrow CENPES_LATTES=0\end{cases}$$

$$peso_{ATT}\left(PETRO_LATTES\right)=\begin{cases}1 & \Rightarrow PETRO_LATTES=1\\ \dfrac{\hat{p}\left(PETRO_LATTES=1\right)}{1-\hat{p}\left(PETRO_LATTES=1\right)} & \Rightarrow PETRO_LATTES=0\end{cases}$$

Para mensuração dos efeitos de tratamento, vamos utilizar simultaneamente os pesos e a região de suporte comum (Caliendo e Kopeinig, 2005). Assim, os betas das regressões lineares do segundo estágio podem ser interpretados como efeito médio do tratamento (ATE) ou efeito do tratamento sobre os tratados (ATT). Cabe ressaltar cada um desses efeitos (ATE ou ATT) para cada um dos impactos representa uma regressão diferente. Apresentamos os efeitos médio do tratamento (ATE) e os efeitos do tratamento sobre os tratados (ATT) para estoque total de artigos, estoque de artigos no Brasil, estoque de artigos no exterior, estoque de livro no Brasil, estoque de livro no exterior, estoque de marcas registradas, estoque de marcas no Brasil, estoque de marcas no exterior, estoque de patentes, estoque de patentes no Brasil, estoque de patentes no exterior, estoque de *software*, estoque de *software* no Brasil, estoque de *software* no exterior. Para cada efeito, desejamos obter os efeitos em t-3, t-2, t-1, t, t+1, t+2, t+3, representando 103 regressões diferentes, onde t representa o início do tratamento.

Tabela 2.19 Efeito médio do tratamento (ATE): estoque de artigos e livros

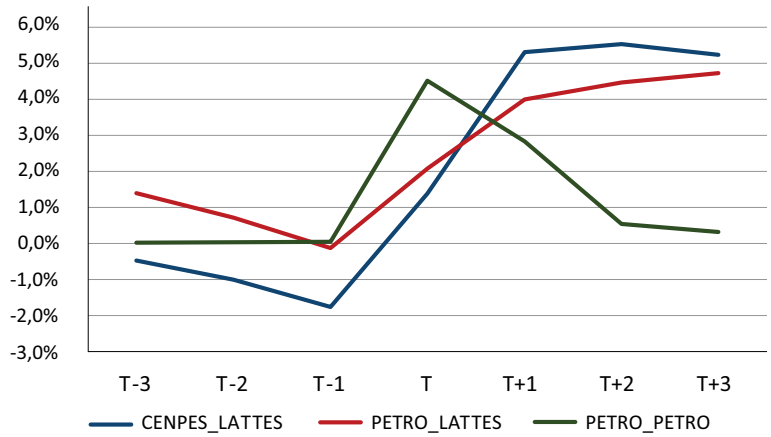
Tempo	Estoque	CENPES_LATTES		PETRO_LATTES		PETRO_PETRO	
		ATE	*t*-Value	ATE	*t*-Value	ATE	*t*-Value
t-3	Artigo	12,53%	38,26***	15,73%	51,15***	-0,08%	-2.25**
t-2	Artigo	9,13%	29,78***	12,88%	44,42***	-0,02%	-1ns
t-1	Artigo	6,28%	21,89***	7,77%	28,98***	0,00%	-0.48ns
t	Artigo	4,66%	14,97***	9,55%	33,31***	-0,94%	-1.56ns
t+1	Artigo	15,72%	38,69***	16,04%	43,78***	22,85%	20.07***
t+2	Artigo	27,05%	55,21***	24,70%	56,22***	7,89%	7.65***
t+3	Artigo	36,19%	66,16***	32,81%	66,68***	-9,92%	-14.3***
t-3	Artigo Brasil	14,45%	45,6***	15,96%	54,13***	-0,07%	-2.24*
t-2	Artigo Brasil	10,97%	36,81***	13,39%	47,93***	-0,02%	-1.03ns
t-1	Artigo Brasil	8,13%	29,02***	8,57%	33,03***	0,00%	-0.48ns
t	Artigo Brasil	6,02%	19,75***	10,32%	36,99***	-1,07%	-1.83ns
t+1	Artigo Brasil	15,12%	37,94***	15,63%	43,44***	22,88%	20.22***
t+2	Artigo Brasil	26,45%	54,88***	24,19%	55,97***	8,10%	7.89***
t+3	Artigo Brasil	35,73%	66,26***	32,28%	66,63***	-9,84%	-14.3***
t-3	Artigo exterior	-0,51%	-3,23**	1,33%	8,72***	-0,02%	-1.11ns
t-**2**	Artigo exterior	-1,04%	-6,72***	0,67%	4,43***	-0,01%	-0.56ns
t-1	Artigo exterior	-1,78%	-11,7***	-0,16%	-1,11ns	0,00%	-0.38ns
t	Artigo exterior	1,33%	6,62***	2,01%	10,73***	4,41%	9.45***
t+1	Artigo exterior	5,19%	34,39***	3,90%	29,62***	2,76%	7.3***
t+2	Artigo exterior	5,41%	34,76***	4,37%	31,34***	0,49%	1.74ns
t+3	Artigo exterior	5,12%	32,3***	4,63%	31,79***	0,27%	1.36ns
t-3	Livro	2,48%	15,92***	6,33%	41,25***	-0,03%	-1.57ns
t-**2**	Livro	1,55%	10,16***	5,73%	37,52***	-0,01%	-0.9ns
t-1	Livro	0,75%	5,03***	4,72%	31,69***	0,00%	-0.48ns
t	Livro	-1,74%	-7***	9,45%	39,04***	-1,72%	-2.36**
t+1	Livro	3,18%	13,03***	10,22%	44,68***	7,64%	10.55***
t+2	Livro	6,77%	25,62***	14,76%	58,68***	1,05%	1.78ns
t+3	Livro	9,25%	33,28***	18,88%	70,21***	-4,46%	-11.2***
t-3	Livro Brasil	0,02%	0,12ns	5,47%	39,81***	-0,02%	-1.35ns
t-2	Livro Brasil	-0,52%	-4***	4,95%	36,07***	-0,01%	-0.79ns
t-1	Livro Brasil	-1,02%	-7,92***	4,18%	31,03***	0,00%	-0.44ns
t	Livro Brasil	-6,39%	-28,5***	8,37%	36,59***	-7,83%	-11.5***
t+1	Livro Brasil	-1,76%	-8,19***	8,71%	40,68***	1,79%	2.73**
t+2	Livro Brasil	1,05%	4,52***	12,43%	53,3***	-1,72%	-3.24**
t+3	Livro Brasil	2,84%	11,66***	15,60%	62,98***	-4,39%	-12.3***
t-3	Livro exterior	2,81%	31,55***	1,26%	16,67***	-0,01%	-1.27ns
t-2	Livro exterior	2,24%	25,52***	1,10%	14,42***	0,00%	-0.81ns
t-1	Livro exterior	1,64%	19,1***	0,75%	9,91***	0,00%	-0.44ns
t	Livro exterior	6,33%	40,82***	2,67%	20,72***	9,81%	20.14***
t+1	Livro exterior	7,59%	52,89***	3,34%	29,42***	10,09%	23.31***
t+2	Livro exterior	8,65%	57,54***	4,48%	37***	5,42%	15.43***
t+3	Livro exterior	9,16%	59,13***	5,59%	43,83***	0,27%	1.18ns

Fonte: Elaboração dos autores.

A interpretação do efeito do tratamento sobre os tratados (ATT) difere ligeiramente da interpretação do efeito médio do tratamento (ATE) (McCaffrey *et al.*, 2016). O efeito médio do tratamento (ATE) mostra o impacto médio sobre toda a população. O efeito do tratamento sobre os tratados (ATT) refere-se ao impacto do tratamento somente sobre os tratados, ou seja, quando: PROB(PETRO_PETRO=1, CENPES_LATTES=1, e PETRO_LATTES=1.

Avaliando os efeitos médios do tratamento para CENPES_LATTES, observamos que os valores são positivos desde antes do período *t*, e aumentam progressivamente após o início do tratamento. De forma geral, para todos os tratamentos, a produção de artigos publicados em periódicos internacionais aumenta após a aplicação do tratamento, ou seja, considerando amostras balanceadas sinteticamente, os pesquisadores apoiados pela Petrobras possuem produtividade superior aos demais pesquisadores. Especificamente para CENPES_LATTES, a produção total de artigos passa de 12,53% (*t*-3) e 9,13% (*t*-2) antes do tratamento, para 27,05% (*t*+2) e 36,19% (*t*+3) após o tratamento. A produção de livros no exterior passa de 31,55% (*t*-3), 25,52% (*t*-2) para 57,54% (*t*+2) e 59,13% (*t*+3) após o tratamento. A produção de artigos no Brasil passa de 14,45% (*t*-3) e 10,97% (*t*-2) antes do tratamento, para 27,05% (*t*+2) e 36,19% (*t*+3) após o tratamento (CENPES_LATTES). A produção de livros no exterior passa de 31,55 (*t*-3), 25,52% (*t*-2) para 26,45% (*t*+2) e 35,73% (*t*+3) após o tratamento. Especificamente para PETRO_LATTES, a produção total de artigos passa de 15,73% (*t*-2) e 12,88% (*t*-1) antes do tratamento, para 16,04% (*t*+1) e 24,70% (t+2) após o tratamento. Especificamente para PETRO_PETRO, a produção total de artigos passa de -0,02% (*t*-2) e -0,00% (*t*-1) antes do tratamento, para 22,84% (*t*+1) e 7,89% (*t*+2) após o tratamento.

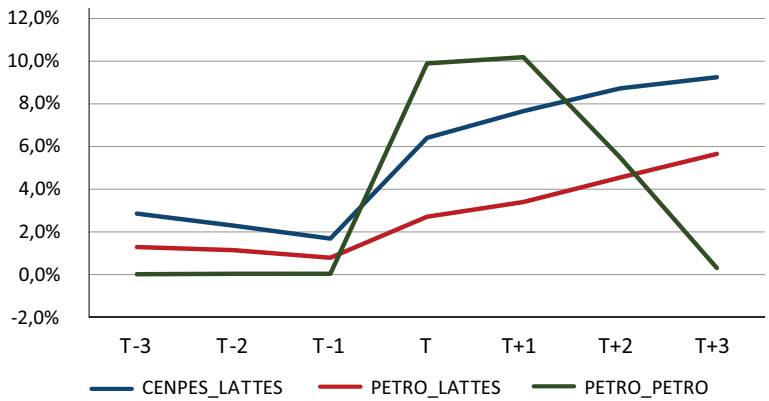
Gráfico 2.2 ATE para estoque de artigos publicados em periódicos internacionais



Avaliando o Gráfico 2.2, notamos que, de forma geral, vemos que a produção acadêmica de artigos publicados em periódicos internacionais aumenta após o início do tratamento. Por exemplo, para CENPES_LATTES, o ATE passa de negativo para positivo, e da forma para PETRO_LATTES o ATE passa de valores negativos para valores positivos.

Avaliando os efeitos médios do tratamento para PETRO_PETRO, observamos que os valores são positivos desde antes do período *t*, mas aumentam progressivamente após o início do tratamento. De forma geral, vemos que a produção acadêmica de artigos publicados em periódicos internacionais aumenta após a aplicação do tratamento. A produção total de artigos para PETRO_PETRO passa de 12,53% (*t*-3) e 9,13% (*t*-2) antes do tratamento, para 27,05% (*t*+2) e 36,19% (*t*+3) após o tratamento. A produção de livros no exterior passa de valores negativos antes para 22,85% (*t*+1) e 7,89% (*t*+2). A produção livros no exterior passa de valores nulos antes do tratamento, para 9,81% (*t*+1) e 10,09% (*t*+2) após o tratamento.

Gráfico 2.3 ATE para estoque de livros publicados internacionalmente



Avaliando o Gráfico 2.3, notamos que, de forma geral, vemos que a produção livros publicados internacionalmente aumenta após o início do tratamento. Por exemplo, para PETRO_LATTES e PETRO_LATTES, o ATE passa de valores negativos para valores positivos após o início do tratamento.

Tabela 2.20 Efeito médio do tratamento (ATE): estoque de marcas, patentes e *software*

Tempo	Estoque	CENPES_LATTES		PETRO_LATTES		PETRO_PETRO	
		ATE	*t*-Value	ATE	*t*-Value	ATE	*t*-Value
t-3	Marca	0,03%	4,5***	0,02%	3,52***	0,00%	6,4***
t-2	Marca	0,04%	5,68***	0,03%	5,53***	0,00%	3,1***
t-1	Marca	0,04%	5,81***	0,03%	5,3***	0,00%	5,45***
t	Marca	0,66%	27,25***	0,13%	9,06***	0,15%	2.09*
t+1	Marca	0,62%	26,66***	0,11%	8,39***	0,24%	4.58***
t+2	Marca	0,56%	24,45***	0,12%	8,46***	0,33%	7.37***
t+3	Marca	0,51%	22,17***	0,13%	8,92***	0,18%	5.73***
t-3	Marca Brasil	0,03%	4,84***	0,02%	3,79***	0,00%	4***
t-2	Marca Brasil	0,04%	6,08***	0,03%	5,84***	0,00%	3,3**
t-1	Marca Brasil	0,04%	6,2***	0,03%	5,64***	0,00%	7***
t	Marca Brasil	0,67%	27,77***	0,13%	9,53***	0,10%	1.49ns
t+1	Marca Brasil	0,63%	27,08***	0,12%	8,76***	0,19%	3.79***
t+2	Marca Brasil	0,57%	24,96***	0,12%	8,92***	0,34%	7.63***
t+3	Marca Brasil	0,52%	22,73***	0,13%	9,45***	0,19%	5.88***
t-3	Marca exterior	0,00%	-2,16*	0,00%	-1,92ns	0,00%	4,4***
t-2	Marca exterior	0,00%	-2,12*	0,00%	-1,92ns	0,00%	5,1***
t-1	Marca exterior	0,00%	-1,96ns	0,00%	-1,91ns	0,00%	6,66***
t	Marca exterior	-0,01%	-4,44***	-0,01%	-3,76***	0,04%	2.98**
t+1	Marca exterior	-0,01%	-4,44***	0,00%	-3,62***	0,05%	3.27**
t+2	Marca exterior	-0,01%	-4,35***	-0,01%	-3,6***	-0,01%	-1.82ns
t+3	Marca exterior	-0,01%	-4,31***	-0,01%	-3,64***	0,00%	-1.02ns
t-3	Patente	-0,27%	-5,79***	0,06%	1,34ns	-0,01%	-0.91ns
t-2	Patente	-0,28%	-5,87***	0,12%	2,71**	0,00%	-0.42ns
t-1	Patente	-0,28%	-5,76***	0,09%	1,89ns	0,00%	-0.21ns
t	Patente	-0,68%	-6,55***	0,10%	1,02ns	3,42%	8.4***
t+1	Patente	0,58%	5,79***	0,63%	7,04***	4,02%	11.04***
t+2	Patente	1,40%	13,1***	1,07%	11,31***	1,65%	5.63***
t+3	Patente	2,02%	18,12***	1,43%	14,52***	-0,98%	-5.55***
t-3	Patente Brasil	0,00%	-0,06ns	0,18%	4,38***	-0,01%	-0.78ns
t-2	Patente Brasil	0,00%	-0,11ns	0,24%	5,74***	0,00%	-0.42ns
t-1	Patente Brasil	0,00%	-0,02ns	0,20%	4,57***	0,00%	-0.21ns
t	Patente Brasil	0,01%	0,08ns	0,43%	4,73***	2,51%	6.53***
t+1	Patente Brasil	0,94%	9,77***	0,82%	9,56***	3,24%	9.39***
t+2	Patente Brasil	1,72%	16,76***	1,24%	13,78***	1,15%	4.17***
t+3	Patente Brasil	2,30%	21,54***	1,60%	16,98***	-0,94%	-5.61***
t-3	Patente Exterior	-0,32%	-22,8***	-0,19%	-12,6***	0,00%	-0.76ns
t-2	Patente Exterior	-0,33%	-23,1***	-0,19%	-12,7***	0,00%	-0.42ns

Tabela 2.20 Efeito médio do tratamento (ATE): estoque de marcas, patentes e *software* (*Cont.*)

Tempo	Estoque	CENPES_LATTES		PETRO_LATTES		PETRO_PETRO	
		ATE	*t*-Value	ATE	*t*-Value	ATE	*t*-Value
t-1	Patente Exterior	-0,34%	-23,4***	-0,19%	-12,0***	0,00%	-0.21ns
t	Patente Exterior	-0,96%	-31,7***	-0,56%	-18,5***	1,30%	8.75***
t+1	Patente Exterior	-0,56%	-19,7***	-0,33%	-12,3***	0,93%	7.32***
t+2	Patente Exterior	-0,47%	-15,5***	-0,31%	-11,1***	0,60%	5.7***
t+3	Patente Exterior	-0,35%	-10,7***	-0,30%	-10,4***	-0,18%	-3.05**
t-3	*Software*	0,03%	4,5***	0,02%	3,52***	0,00%	4,5***
t-2	*Software*	0,04%	5,68***	0,03%	5,53***	0,00%	5***
t-1	*Software*	0,04%	5,81***	0,03%	5,3***	0,00%	4,6***
t	*Software*	0,66%	27,25***	0,13%	9,06***	0,15%	2.09*
t+1	*Software*	0,62%	26,66***	0,11%	8,39***	0,24%	4.58***
t+2	*Software*	0,56%	24,45***	0,12%	8,46***	0,33%	7.37***
t+3	*Software*	0,51%	22,17***	0,13%	8,92***	0,18%	5.73***
t-3	*Software* Brasil	-0,93%	-8,93***	2,18%	21,42***	-0,01%	-0.96ns
t-2	*Software* Brasil	-1,29%	-12,9***	2,12%	21,17***	0,00%	-0.4ns
t-1	*Software* Brasil	-1,33%	-13,9***	1,82%	18,7***	0,00%	-0.21ns
t	*Software* Brasil	2,06%	10,79***	5,35%	31,52***	19,43%	27.64***
t+1	*Software* Brasil	4,57%	26,21***	4,40%	30,4***	15,64%	26.34***
t+2	*Software* Brasil	5,30%	29,8***	5,10%	34,39***	5,89%	13.97***
t+3	*Software* Brasil	5,79%	32,42***	5,47%	36,6***	-0,36%	-1.45ns
t-3	*Software* exterior	1,30%	29,46***	0,80%	24,39***	0,00%	-0.55ns
t-2	*Software* exterior	1,24%	28,57***	0,76%	23,47***	0,00%	5,5***
t-1	*Software* exterior	1,10%	26,64***	0,70%	22,1***	0,00%	6,4***
t	*Software* exterior	2,75%	42,72***	0,94%	21,02***	2,52%	15.45***
t+1	*Software* exterior	1,81%	36,01***	0,37%	10,98***	2,08%	14.9***
t+2	*Software* exterior	1,77%	35,38***	0,43%	12,37***	1,00%	9.73***
t+3	*Software* exterior	1,69%	33,74***	0,51%	14,34***	0,07%	1.11ns

Fonte: Elaboração dos autores.

Observamos que o efeito médio do tratamento para o registro de patentes passou de valores nulos ou negativos para valores positivos. Para os tratamentos CENPES_LATTES e PETRO_LATTES o registro de patentes apresentou

grandes variações nos períodos antes e após o tratamento. Os maiores efeitos observados para o tratamento PETRO_LATTES e PETRO_PETRO. Para PETRO_LATTES o registro de patentes passou de 0,06% (*t*-3), 0,12% (*t*-2) e 0,09% (*t*-1) antes do tratamento, para 0,63% (*t*+1), 1,07% (*t*+2) e 1,53% (*t*+3) após o tratamento. Para PETRO_PETRO o registro de patentes passou de valores nulos para 4,02% (*t*+1) e 1,65% (*t*+2) após o tratamento.

Conforme efeito médio do tratamento, para os tratamentos CENPES_LATTES e PETRO_LATTES o registro de *software* no exterior não apresenta grandes variações nos períodos antes e após o tratamento. Os maiores efeitos observados para o tratamento PETRO_PETRO, onde o registro de *software* no exterior passa de 0,00% (*t*-3, *t*-2 e *t*-1) antes do tratamento, para 2,08% (*t*+1), 1,00% (*t*+2) e 0,07% (*t*+3) após o tratamento. Para CENPES_LATTES o registro de *software* no exterior passa de 1,30% (*t*-3) e 1,24% (*t*+2) para 1,77% (*t*+2) e 1,69% (*t*+3) após o tratamento.

Tabela 2.21 Efeito do tratamento sobre os tratados (ATT): estoque de artigos e livros

Tempo	Estoque	CENPES_LATTES		PETRO_LATTES		PETRO_PETRO	
		ATT	*t*-Value	ATT	*t*-Value	ATT	*t*-Value
t-3	Artigo	8,17%	28,11***	11,62%	42,51***	-0,07%	-2,13*
t-2	Artigo	5,47%	19,65***	9,40%	35,69***	-0,02%	-0,9ns
t-1	Artigo	3,31%	12,49***	4,98%	20,05***	0,00%	-0,46ns
t	Artigo	0,30%	1,29ns	5,38%	24,84***	-3,71%	-7,01***
t+1	Artigo	13,86%	36,59***	14,42%	41,74***	17,52%	17,04***
t+2	Artigo	25,58%	54,54***	23,36%	55,14***	5,92%	5,88***
t+3	Artigo	35,29%	66,39***	31,84%	66,28***	-9,32%	-13,4***
t-3	Artigo Brasil	10,47%	36,72***	12,30%	46,21***	-0,07%	-2,13*
t-2	Artigo Brasil	7,63%	27,89***	10,29%	40,01***	-0,02%	-0,93ns
t-1	Artigo Brasil	5,43%	20,78***	6,07%	25,03***	0,00%	-0,46ns
t	Artigo Brasil	2,09%	8,9***	6,56%	30,42***	-3,80%	-7,29***
t+1	Artigo Brasil	13,52%	36,33***	14,20%	41,81***	17,60%	17,23***
t+2	Artigo Brasil	25,25%	54,66***	23,06%	55,28***	6,15%	6,13***
t+3	Artigo Brasil	35,10%	66,92***	31,53%	66,6***	-9,24%	-13,4***
t-3	Artigo exterior	-2,00%	-13,4***	-0,03%	-0,19ns	-0,02%	-1,09ns
t-2	Artigo exterior	-2,43%	-16,5***	-0,60%	-4,13***	-0,01%	-0,53ns
t-1	Artigo exterior	-3,04%	-21***	-1,32%	-9,25***	0,00%	-0,39ns
t	Artigo exterior	-1,07%	-5,82***	-0,05%	-0,31ns	3,67%	8,35***
t+1	Artigo exterior	3,70%	25,72***	2,78%	22,02***	2,06%	5,74***
t+2	Artigo exterior	3,90%	26,34***	3,17%	23,8***	0,14%	0,53ns

Tabela 2.21 Efeito do tratamento sobre os tratados (ATT): estoque de artigos e livros *(Cont.)*

Tempo	Estoque	CENPES_LATTES		PETRO_LATTES		PETRO_PETRO	
		ATT	*t*-Value	ATT	*t*-Value	ATT	*t*-Value
t+3	Artigo exterior	3,63%	24,01***	3,39%	24,32***	0,17%	0,88ns
t-3	Livro	1,08%	7,28***	5,12%	34,51***	-0,03%	-1,5ns
t-2	Livro	0,27%	1,84ns	4,60%	31,02***	-0,01%	-0,85ns
t-1	Livro	-0,31%	-2,16*	3,74%	25,68***	0,00%	-0,46ns
t	Livro	-4,04%	-17,3***	7,35%	32,1***	-3,34%	-4,85***
t+1	Livro	1,73%	7,38***	9,06%	40,7***	5,30%	7,71***
t+2	Livro	5,43%	21,25***	13,64%	55,44***	0,08%	0,15ns
t+3	Livro	8,04%	29,74***	17,85%	67,5***	-4,31%	-10,9***
t-3	Livro Brasil	-1,00%	-7,84***	4,58%	34,09***	-0,02%	-1,3ns
t-2	Livro Brasil	-1,47%	-11,5***	4,11%	30,56***	-0,01%	-0,77ns
t-1	Livro Brasil	-1,80%	-14,2***	3,46%	26,08***	0,00%	-0,43ns
t	Livro Brasil	-8,00%	-37,5***	6,76%	30,7***	-9,12%	-14,0***
t+1	Livro Brasil	-2,79%	-13,3***	7,80%	37,15***	-0,10%	-0,15ns
t+2	Livro Brasil	0,07%	0,32ns	11,56%	50,37***	-2,45%	-4,68***
t+3	Livro Brasil	1,97%	8,27***	14,81%	60,53***	-4,24%	-11,9***
t-3	Livro exterior	2,28%	26,05***	0,84%	11,3***	-0,01%	-1,21ns
t-2	Livro exterior	1,75%	20,22***	0,70%	9,34***	0,00%	-0,78ns
t-1	Livro exterior	1,22%	14,32***	0,37%	5,03***	0,00%	-0,42ns
t	Livro exterior	5,21%	34,61***	1,88%	15,02***	9,06%	19,07***
t+1	Livro exterior	6,86%	48,85***	2,90%	25,91***	9,17%	21,69***
t+2	Livro exterior	8,00%	54,39***	4,03%	33,77***	4,89%	14,1***
t+3	Livro exterior	8,57%	56,37***	5,14%	40,87***	0,22%	0,98ns

Fonte: Elaboração dos autores.

Avaliando os efeitos do tratamento sobre os tratados para CENPES_LATTES, observamos que os valores são positivos desde antes do período t, mas aumentam progressivamente após o início do tratamento. De forma geral, vemos que a produção acadêmica de artigos publicados em periódicos internacionais aumenta após a aplicação do tratamento. A produção total de artigos para CENPES_LATTES passa de 8,17% (*t*-3) e 5,47% (*t*-2) antes do tratamento, para 25,58% (*t*+2) e 35,29% (*t*+3) após o tratamento. A produção de livros passa de 1,08% (*t*-3) e 0,27% (*t*-2) antes do tratamento, para 5,43% (*t*+2) e 8,04% (*t*+3) após o tratamento. A produção livros no exterior passa de 2,28% (*t*-3) e 1,75% *(t*-2) para 8,00% (*t*+2) e 8,57% (*t*+3) após o tratamento.

Tabela 2.22 Efeito do tratamento sobre os tratados (ATT): estoque de marcas, patentes e *software*

Tempo	Estoque	CENPES_LATTES		PETRO_LATTES		PETRO_PETRO	
		ATT	*t*-Value	ATT	*t*-Value	ATT	*t*-Value
t-3	Marca	0,02%	3,66***	0,02%	3,6***	0,00%	1,1***
t-2	Marca	0,03%	4,81***	0,03%	5,73***	0,00%	4,6***
t-1	Marca	0,03%	5***	0,03%	5,52***	0,00%	5***
t	Marca	0,59%	24,52***	0,12%	8,46***	0,15%	2,12*
t+1	Marca	0,56%	24,04***	0,10%	7,65***	0,21%	4,17***
t+2	Marca	0,50%	21,94***	0,11%	7,89***	0,31%	6,93***
t+3	Marca	0,45%	19,85***	0,12%	8,54***	0,18%	5,57***
t-3	Marca Brasil	0,02%	4,01***	0,02%	3,88***	0,00%	7,7***
t-2	Marca Brasil	0,03%	5,21***	0,03%	6,06***	0,00%	5,1***
t-1	Marca Brasil	0,04%	5,39***	0,03%	5,87***	0,00%	4,5***
t	Marca Brasil	0,60%	25,04***	0,13%	8,94***	0,11%	1,52ns
t+1	Marca Brasil	0,57%	24,47***	0,11%	8,03***	0,17%	3,37***
t+2	Marca Brasil	0,51%	22,46***	0,11%	8,36***	0,32%	7,19***
t+3	Marca Brasil	0,46%	20,42***	0,13%	9,07***	0,18%	5,71***
t-3	Marca exterior	0,00%	-2,25**	0,00%	-2*	0,00%	7,1***
t-2	Marca exterior	0,00%	-2,16*	0,00%	-1,95ns	0,00%	8,4***
t-1	Marca exterior	0,00%	-1,97*	0,00%	-1,92ns	0,00%	6,3***
t	Marca exterior	-0,01%	-4,56***	-0,01%	-3,82***	0,04%	2,98**
t+1	Marca exterior	-0,01%	-4,61***	0,00%	-3,74***	0,05%	3,26**
t+2	Marca exterior	-0,01%	-4,5***	-0,01%	-3,69***	-0,01%	-1,82ns
t+3	Marca exterior	-0,01%	-4,42***	-0,01%	-3,71***	0,00%	-0,98ns
t-3	Patente	-0,36%	-7,65***	-0,02%	-0,43ns	-0,01%	-0,85ns
t-2	Patente	-0,34%	-7,31***	0,05%	1,11ns	0,00%	-0,35ns
t-1	Patente	-0,33%	-6,94***	0,02%	0,42ns	0,00%	-0,16ns
t	Patente	-0,78%	-7,55***	0,02%	0,23ns	3,07%	7,58***
t+1	Patente	0,56%	5,58***	0,64%	7,18***	3,55%	9,83***
t+2	Patente	1,41%	13,33***	1,11%	11,84***	1,31%	4,5***
t+3	Patente	2,07%	18,65***	1,49%	15,26***	-1,01%	-5,71***
t-3	Patente Brasil	-0,08%	-1,74ns	0,11%	2,77**	-0,01%	-0,73ns
t-2	Patente Brasil	-0,06%	-1,36ns	0,18%	4,29***	0,00%	-0,35ns
t-1	Patente Brasil	-0,05%	-1,03ns	0,14%	3,21**	0,00%	-0,16ns
t	Patente Brasil	-0,07%	-0,74ns	0,37%	4,1***	2,15%	5,64***
t+1	Patente Brasil	0,92%	9,61***	0,83%	9,79***	2,79%	8,16***
t+2	Patente Brasil	1,74%	17,02***	1,29%	14,38***	0,83%	3,0**
t+3	Patente Brasil	2,34%	22,07***	1,66%	17,75***	-0,98%	-5,84***
t-3	Patente exterior	-0,34%	-23,8***	-0,20%	-13,4***	0,00%	-0,71ns
t-2	Patente exterior	-0,35%	-24,0***	-0,21%	-13,5***	0,00%	-0,35ns

Tabela 2.22 Efeito do tratamento sobre os tratados (ATT): estoque de marcas, patentes e *software* (*Cont.*)

Tempo	Estoque	CENPES_LATTES		PETRO_LATTES		PETRO_PETRO	
		ATT	*t*-Value	ATT	*t*-Value	ATT	*t*-Value
t-1	Patente exterior	-0,36%	-24,2***	-0,20%	-12,7***	0,00%	-0,16ns
t	Patente exterior	-0,99%	-32,4***	-0,58%	-19,3***	1,29%	8,68***
t+1	Patente exterior	-0,57%	-19,9***	-0,34%	-12,7***	0,89%	7,0***
t+2	Patente exterior	-0,47%	-15,6***	-0,32%	-11,3***	0,58%	5,46***
t+3	Patente exterior	-0,34%	-10,6***	-0,30%	-10,5***	-0,17%	-2,91**
t-3	*Software*	0,02%	3,66***	0,02%	3,6***	0,00%	6,3***
t-2	*Software*	0,03%	4,81***	0,03%	5,73***	0,00%	7,23***
t-1	*Software*	0,03%	5***	0,03%	5,52***	0,00%	8,57***
t	*Software*	0,59%	24,52***	0,12%	8,46***	0,15%	2,12*
t+1	*Software*	0,56%	24,04***	0,10%	7,65***	0,21%	4,17***
t+2	*Software*	0,50%	21,94***	0,11%	7,89***	0,31%	6,93***
t+3	*Software*	0,45%	19,85***	0,12%	8,54***	0,18%	5,57***
t-3	*Software* Brasil	-0,98%	-9,44***	1,96%	19,31***	-0,01%	-0,95ns
t-2	*Software* Brasil	-1,29%	-12,9***	1,95%	19,49***	0,00%	-0,37ns
t-1	*Software* Brasil	-1,33%	-13,8***	1,69%	17,38***	0,00%	-0,19ns
t	*Software* Brasil	1,86%	9,77***	4,93%	29,21***	19,36%	27,74***
t+1	*Software* Brasil	4,50%	25,81***	4,14%	28,62***	14,98%	25,42***
t+2	*Software* Brasil	5,34%	29,99***	4,87%	32,9***	5,60%	13,31***
t+3	*Software* Brasil	5,92%	33,09***	5,28%	35,37***	-0,38%	-1,53ns
t-3	*Software* exterior	1,13%	25,7***	0,72%	21,86***	0,00%	-0,53ns
t-2	*Software* exterior	1,07%	24,66***	0,68%	21,03***	0,00%	9,82***
t-1	*Software* exterior	0,92%	22,43***	0,62%	19,74***	0,00%	8,12***
t	*Software* exterior	2,40%	37,57***	0,81%	18,06***	2,53%	15,55***
t+1	*Software* exterior	1,64%	32,73***	0,31%	9,04***	2,07%	14,85***
t+2	*Software* exterior	1,62%	32,45***	0,36%	10,47***	1,00%	9,72***
t+3	*Software* exterior	1,54%	30,8***	0,44%	12,44***	0,07%	1,18ns

Fonte: Elaboração dos Autores

Os efeitos do tratamento sobre os tratados para PETRO_LATTES seguem o mesmo padrão. Para PETRO_LATTES a produção de artigos passa de 11,62% (*t*-3) e 9,4% (*t*-2) antes do tratamento, para 23,36% (*t*+2) e 31,84% (*t*+3) após o tratamento. A produção de livros passa de 5,12% (*t*-3) e 4,60% (*t*-2) antes do tratamento, para 13,64% (*t*+2) e 17,85% (*t*+3) após o tratamento.

A produção livros no exterior passa de 0,84% (*t*-3) e 0,70% (*t*-2) para 4,03% (*t*+2) e 5,14% (t+3) após o tratamento.

Observamos que o efeito do tratamento sobre os tratados para o registro de patentes passou de valores nulos ou negativos para valores positivos. Para todos os tratamentos, o ATT do registro de patentes apresentou consideráveis variações positivas nos períodos antes e após o tratamento. Para PETRO_LATTES o registro de patentes passou de -0,02% (*t*-3), 0,05% (*t*-2) e 0,02% (*t*-1) antes do tratamento, para 0,64% (*t*+1), 1,11% (*t*+2) e 1,49% (*t*+3) após o tratamento. Para PETRO_PETRO o registro de patentes passou de valores nulos para 3,55% (*t*+1) e 1,31% (*t*+2) após o tratamento. Para CENPES_LATTES o registro de patentes passou de valores negativos para 0,56% (*t*+1), 1,41% (*t*+2) e 2,07% (*t*+3) após o tratamento.

Avaliando o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT), para os CENPES_LATTES e PETRO_LATTES vemos que o registro de *software* também apresenta variações positivas nos períodos antes e após o tratamento. Para o tratamento PETRO_PETRO, onde o registro de *software* de valores nulos antes do tratamento, para 0,21% (*t*+1), 0,31% (*t*+2) e 0,18% (*t*+3) após o tratamento. Para CENPES_LATTES o registro de *software* no exterior passa de 0,02% (*t*-3) e 0,03% (*t*+2) para 0,50% (*t*+2) e 0,45% (*t*+3) após o tratamento.

Referências

Abadie, A.; Imbers, G.W. Matching on the Estimated Propensity Score. *Econometrica*, v. 84 (2), p. 781-807, 2009.

Alves, P. F.; Silva, A. R. Modelagem de Eventos Raros: Uma aplicação utilizando regressão probit. *Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto*, v. 6, 21-32, 2017.

Antunes, A.; Cavalcanti, T. The Effects of Credit Subsidies on Development. *Economic Theory*. v. 58 (1), 2015.

Austin, P.; Jembere, N.; Chiu, M. Propensity Score Matching and Complex Surveys. Statistical Methods in Medicine Research. v. 27(4), p. 1240-1257, 2018. doi: 10.1177/0962280216658920.

Caliendo, M.; Kopeinig, S. Some Practical Guidance for the Implementation of Propensity Score Matching. IZA Discussion Paper Series 1588. Institute for the Study of Labor, 2005.

Cook, D.; Shadish, R.; Wong, C. Three conditions under which experiments and observational studies often produce comparable causal estimates: New findings from within-study comparisons. *Journal of Policy Analysis and Management*, v. 27(4), p. 724-750, 2008.

Dong, N. et al. Using Propensity Score Analysis of Survey Data to Estimate Population Average Treatment Effects: A Case Study Comparing Different Methods. *Evaluation Review*. v. 44(1), p. 84-108, 2020.

Frolich, M. Programme evaluation with multiple treatments. Journal of Economic Literature v. 18(2), p. 181-224, 2004.

Hosmer, D. W.; Lemeshow S. Applied Logistic Regression. New York: John Wiley & Sons, (2000).

Imbers, G.W.; Wooldridge, J. M. Recent developments in the econometrics of program evaluation. *Journal of Economic Literature* 47(1), 5-86 (2009).

King, G.; Zeng, L. Logistic Regression in Rare Events Data. *Political Analysis*, 9, 137-163, 2001.]

Leta, J.; Thijs, B.; Glänzel, W. A macro-level study of science in brazil: seven years later. Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação, v. 18, n. 36, p. 51-66, 2013. DOI: 10.5007/1518-2924.2013v18n36p51

Mccffrey, D. et al. Propensity scores for multiple treatments: A tutorial for the mnps macro in the twang SAS Macros. RAND Corporation, 2015. https://www.rand.org/pubs/tools/TL169z1.html.

Parsons, L. S. Reducing Bias in a Propensity Score Matched-Pair Sample Using Greedy Matching Techniques. Proceedings of the Twenty-Sixth Annual SAS Users Group International Conference, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2001;

Rosembaum, P.; Rubin, D. The central role of the propensity score in observational studies for causal e_ects. *Biometrika* v. 70(1), p. 41-55, 1983.

Rubin, D. B. Matched Sampling for Causal Effects. Cambridge University Press, 1 edition, p. 502, 2006

3

Características dos Fornecedores de Bens e Serviços da Petrobras

João Alberto De Negri
Eric Jardim Cavalcante

Introdução

As empresas que atuam em setores intensivos em capital estão inseridas num regime de produção cujas economias de escala exercem um papel fundamental na produtividade, não apenas no seu fluxo de produção voltado ao consumidor final como também no processo de transformação e utilização de insumos e matérias-primas na cadeia de fornecedores. Estas empresas, quando sujeitas à competição, sobretudo internacional, precisam incluir outro componente às suas estratégias de atuação: a inovação tecnológica. Vencer um processo concorrencial exige constante ampliação de mercado ou mecanismos para a manutenção de sua posição, e uma das formas mais robustas, em economias abertas e dinâmicas, é por meio da diferenciação de produtos ou desenvolvimento tecnológico, seja decorrente da inovação de produto ou, no caso de atuação em setores cujos produtos são homogêneos e substitutos, pela da competição por preço, o que exige a inovação de processo.

A cadeia do setor de extração de petróleo e gás gera um produto cujas características de preço e qualidade são definidas em nível internacional, e embora possua diversas especificidades, para efeito de comercialização é considerado um produto praticamente homogêneo, fabricado por inúmeros produtores cujas vantagens competitivas de origem natural são maiores que no Brasil. Para que as empresas brasileiras desse setor possam ser competitivas nesse mercado, é necessário desenvolver competências e um sistema de geração de ganhos de eficiência permanente no tempo. No entanto, para que esse processo seja contínuo, é impossível depender apenas de métodos tradicionais de ganhos de produção, como aumento da escala para redução de custos fixos médios e aumento da utilização de insumos para maior produção. Isso esbarra em restrições orçamentárias e mercadológicas, visto que o processo de maturação desses investimentos tradicionais em capital reage a velocidades menores que os ciclos de negócio dos mercados.

Para que o processo produtivo deste setor possa acompanhar o nível de competitividade das empresas que atuam no mercado, o método mais adequado é através de transformações do processo de produção que permitam gerar mais produtos com menos insumos, isso só é possível através de aprimoramento dos coeficientes técnicos subjacentes ao processo de produção, em outras palavras, através da introdução de inovações tecnológicas.

A Petrobras desponta no cenário internacional como pioneira na geração de tecnologias de exploração em águas profundas, onde lhe garante um conjunto de *expertise* suficiente para concorrer com diversas gigantes internacionais que atuam neste setor, e isto só é possível devido ao processo sistemático de desenvolvimento de competências tecnológicas e inovação, sendo de longe a empresa com maior contribuição para o P&D realizado no país.

O setor de petróleo e gás brasileiro, em particular, apresenta características que o diferencia da dinâmica produtiva de demais países produtores neste setor. Suas características de exploração, extração e desafios de ordem geológica o catapultou a ter necessidades produtivas específicas, pois enquanto as tecnologias primordiais do setor estavam voltadas para extração em terra, sem grandes complexidades, o Brasil possui maiores reservas e produção em alto mar e em águas profundas. A ausência de *expertise* e conhecimento técnico internacional nesse tipo de produção levou o setor a desenvolver um estoque de conhecimento nacional, que gerou impactos importantes nas cadeias produtivas de toda a economia.

Atualmente, as empresas brasileiras do setor de petróleo e gás estão na vanguarda do que há de capacitação tecnológica a nível internacional em

determinadas tecnologias de exploração, mas isso só foi possível devido ao pioneirismo e da quantidade de conhecimento e *spillover* gerados na fronteira da evolução do processo produtivo do setor, capitaneado pela Petrobras. Muitas dessas empresas internalizaram as competências para o desenvolvimento das tecnologias necessárias para lidar com as idiossincrasias locais, e grande parte do êxito decorreu de ações diretas ou indiretas da Petrobras. O Cenpes promove a Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) que os desafios tecnológicos demandaram. Nesse processo de desenvolvimento de tecnologias, a Petrobras mobilizou toda uma cadeia de parcerias, tanto voltadas para o P&D quanto em suas relações produtivas de fornecedor-cliente. As necessidades tecnológicas da Petrobras, na cadeia de fornecimento, exigiram de alguma forma que esse processo de desenvolvimento de tecnologias se propagasse para além das fronteiras da empresa.

O processo de parceria e cooperação em áreas tecnológicas é fundamental, visto que despende muitos recursos e incorre em diversas incertezas. É impossível prever e controlar todos os tipos de necessidades que surgem no processo produtivo, sob pena de imobilização ou ineficiência da utilização dos recursos, por isso, a Petrobras também realiza diversas parcerias com Universidades e Centros de Pesquisa para a produção de conhecimento novo que atenda as dificuldades que a empresa possa vir a apresentar. Essa troca de experiências é um dos canais de transbordamento para inovações e troca de conhecimentos e resultados de evolução tecnológica.

Esses canais geram um ciclo virtuoso entre clientes e fornecedores, pois o desenvolvimento de novas tecnologias passam a exigir que os bens e serviços demandados acompanhem o mesmo patamar de avanço tecnológico, por isso, a Petrobras também contribui de maneira direta ou indireta para a evolução produtiva da sua cadeia de fornecedores. Em inúmeros casos as atividades de desenvolvimento tecnológico da Petrobras levam a geração de novas empresas as *spin-offs* ou à criação de novos modelos de negócio por parte dessas relações, o que gera uma externalidade positiva para o país.

As empresas que atuam neste setor também estão expostas a um conjunto peculiar de regras que exigem o cumprimento de inúmeras normas de segurança do trabalho e ambientais. Neste tipo de setor, as responsabilidades são compartilhadas em caso de acidentes ou intercorrências e as reparações de danos são exigidas de modo solidário. Deste modo, é esperado um controle de qualidade fino dos entes da cadeia de fornecimento para a produção. Logo, o esperado é que os fornecedores também apresentem algum grau de avanço ou desenvolvimento tecnológico em decorrência da relação de fornecimento

com a Petrobras. Diante destas breves premissas, surge a hipótese de que os fornecedores da Petrobras, sobretudo aqueles voltados para os segmentos de maior domínio tecnológico e fronteira do conhecimento, apresentem características mais qualificadas que outras empresas da economia brasileira, e as próximas seções visam traçar as principais características desses fornecedores *vis-à-vis* as atividades tecnológicas da Petrobras comparativamente a outras empresas da economia. Para isso, foi reunido um conjunto de dados que permitem levantar as características dessas empresas permitindo uma comparação entre elas.

3.1 Fornecedores da Petrobras

Para o levantamento de informações acerca das empresas fornecedoras da Petrobras foram utilizadas informações de 85.823 contratos iniciados ou previstos no período de 1998-2022, com valores somados de R$ 1,113 trilhão, conforme informações fornecidas pela Petrobras. Neste período há 2.281 empresas distintas que forneceram bens para a Petrobras e 15.348 empresas fornecedoras de serviços. No caso do Cenpes foram identificados das 431 empresas distintas contrataram R$ 2,065 bilhões em serviços. Essas informações foram cruzadas com as bases de informações dos trabalhadores da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), de exportação e importação provenientes da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) de patentes provenientes do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), origem do capital controlador do Banco Central do Brasil (BACEN), e das empresas que foram financiadas por empréstimos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O banco de dados foi organizado de forma que tornasse possível comparar com os setores cobertos pelas pesquisas anuais do IBGE, a Pesquisa Anual de Serviços (PAS), Pesquisa Industrial Anual (PIA) e a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC).

Uma síntese dos resultados para o período de 2007-2020 é apresentada a partir da Tabela 3.1. O banco de dados de fornecedores da Petrobras é composto por 15.884 Cadastros Nacionais de Pessoas Jurídicas distintas (CNPJ). Em valores reais (R$ de janeiro de 2020, deflacionados pelo IPCA/IBGE), a Petrobras realizou contratos no mercado doméstico no valor de R$1,6 trilhão. Em média, a Petrobras fechou contratos de fornecimento de R$ 114 bilhões por ano, oriundos de 2.451 fornecedores distintos.

Tabela 3.1 Número de fornecedores e valores contratados pela Petrobras (2007-2020)

Ano	Nº Firmas	Valor corrente (R$)	Valor real (R$) (IPCA – Jan2020=100)
2007	4.508	72.070.372.528,65	146.289.224.501,51
2008	4.058	86.670.602.163,53	168.250.229.133,97
2009	3.548	49.975.468.754,04	91.662.898.513,35
2010	3.797	103.227.801.857,49	181.023.336.264,82
2011	3.882	83.909.608.181,46	138.826.522.691,27
2012	3.248	98.250.182.200,12	153.036.846.077,44
2013	2.491	91.908.973.265,07	134.859.895.373,22
2014	2.338	79.579.622.065,35	110.592.145.353,98
2015	1.66	128.248.540.257,85	166.353.664.663,88
2016	1.141	95.617.408.717,85	112.033.142.321,71
2017	1.241	57.458.811.868,13	63.902.095.136,48
2018	1.297	72.378.593.109,20	78.260.513.449,20
2019	1.042	41.128.481.693,18	42.852.493.559,35
2020[1]	59	13.553.321.281,93	13.553.321.281,93
Total	**15.884**	**1.073.977.787.943,85**	**1.601.496.328.322,11**
Média 2007-2020	**2.451**	**76.712.699.138,85**	**114.392.594.880,15**

Fonte: Petrobras. [1] Dados disponibilizados até março de 2020. Elaboração dos autores.

Complementarmente, foram mapeados os CNPJs que tiveram algum contrato de fornecimento estabelecido com o Cenpes, conforme disposto na Tabela 3.2. Os valores corrigidos pela inflação somam uma monta de R$ 3,5 bilhões pagos a 411 fornecedores, com uma média de 90 fornecedores distintos e contratos médios de R$ 445 milhões por ano. Esses dados se referem apenas aos contratos de prestação de serviços assinados com os fornecedores. Diferentemente do total de fornecedores da Petrobras que vão até 2020, os dados do Cenpes vão até 2014.

Tabela 3.2 Número de fornecedores e valores contratados pelo Cenpes (2007-2014)

Ano	Nº Firmas	Valor corrente (R$)	Valor real (R$) (IPCA – Jan2020=100)
2007	161	375.510.171,95	762.214.623,29
2008	118	173.652.563,21	337.104.887,01
2009	85	159.073.398,76	291.765.723,67
2010	93	418.552.004,51	733.985.214,19
2011	89	291.992.733,52	483.095.282,22
2012	83	318.557.497,44	496.192.817,26
2013	57	194.181.552,18	284.926.518,93
2014[1]	36	123.128.982,76	171.112.880,47
Total	**411**	**2.054.648.904,33**	**3.560.397.947,05**
Média 2007-2014	**90**	**256.831.113,04**	**445.049.743,38**

Fonte: Petrobras. [1] Último ano com disponibilização das compras do Cenpes.

Enquanto os principais fornecedores de serviços para a Petrobras estão concentrados em atividades econômicas de engenharia pesada, infraestrutura e transportes e serviços ligados à energia e combustíveis, as atividades de serviços do Cenpes se concentram em P&D, desenvolvimento de programas de computador, áreas de engenharia e construção e ensino superior, este último setor está diretamente associado às parcerias firmadas entre o Cenpes, Universidades e Institutos de Ensino e Pós-graduação. Importante ressaltar que em 2010 o Cenpes inaugurou seu novo centro tecnológico na Ilha do Fundão, e parte dos recursos orientados para os fornecedores de engenharia e construção de edifícios está associado a essas obras.

Os setores com maior número de fornecedores do setor de serviços para Petrobras foi o de serviços de engenharia com 503 diferentes fornecedores nesse período, também foi um dos setores com maior volume de recursos nesse período, representando quase 10% do total de contratos de serviços, no caso do Cenpes, o grosso dos contratos foi para serviços de P&D, que quando somados aos recursos destinados para as atividades de ensino superior alcançam quase 50% do total de contratos de serviços firmados nesse período.

Chama atenção, também, que dos contratos com fornecedores de serviços de P&D, o Cenpes representa apenas 42% do total deles. Quando considerados os contratos com fornecedores do setor de ensino superior esse percentual cai para 32,5% do total. Duas são as hipóteses para que o total de contratos de fornecedores desse setor para o Cenpes, que é o principal canal de P&D e articulação com instituições de ensino superior voltados para a pesquisa da Petrobras, possua valores inferiores à metade de toda a empresa. A primeira reside na limitação dos dados, os valores dos contratos do Cenpes que podem ser mapeados nos dados só são possíveis até 2014. A partir de então, esses contratos podem ter sido realizados de forma centralizada na empresa e não são captados na classificação Cenpes, ainda nesta hipótese.

A segunda hipótese pode ser explicada em parte com programas da empresa de capacitação e extensão firmada com fornecedores de ensino superior que não estão voltados à pesquisa, mas sim ao ensino. E em relação aos fornecedores do setor de P&D, pode estar associado à demanda de outras áreas da empresa que não apenas o Cenpes. A Tabela 3.3 contém as principais características comparativas entre as empresas fornecedoras e não fornecedoras da Petrobras para o ano mais recente de análise (2018), as estatísticas do Cenpes são para o último ano cujas informações foram disponibilizadas (2014).

Tabela 3.3 Características das empresas fornecedoras e não fornecedoras de bens e serviços para a Petrobras – ano 2018 (Valores em R$ jan. 2020)

Variáveis	Não Fornecedores	Fornecedores (Petrobras)	Fornecedores[1] (Cenpes)
Número de Empresas	205.487	814	23
Número de Filiais	2	15	3
Idade Empresa (Média)	21,5	30,3	32,8
Massa Salarial (R$ Total x 1000)	121.300.000	5.321.100	188.820
Renda (Média)	R$ 2.441	R$ 5.832	R$ 8.000
Pessoal Ocupado (Total)	33.863.521	804.167	29.302
Pessoal Ocupado (Médio)	161	955	1274
Empregados Ensino Superior (% do total de Pessoas Ocupadas)	20,6%	37,95%	56,84%
Empregados Engenheiros (% do total de Pessoas Ocupadas)	0,5356%	4,3019%	11,8941%
Empregados Científicos (% do total de Pessoas Ocupadas)	1,2542%	4,6537%	9,6826%
Empregados Pesquisadores (% do total de Pessoas Ocupadas)	0,0469%	0,556%	6,0007%
Financiamento à Inovação – BNDES+FINEP (R$ X 1000) (Total)	4.161.500	139.920	255.930.000
Financiamento à Inovação – BNDES+FINEP (R$ Médio)	18.413.879	19.989.039	42.654.466
Direitos de Propriedade Industrial/Intelectual	6	15	16
Empresas Exportadoras	10.331	227	4
Empresas Importadoras	14.035	359	12
Empresas Multinacionais	3.188	138	3

Fonte: Petrobras, RAIS, SECEX, BACEN, BNDES e Finep. [1]Dados do ano de 2014

Uma das primeiras características mais marcantes de diferenciação entre as fornecedoras e não fornecedoras está no número de filiais. Empresas fornecedoras da Petrobras possuem em média 15 filiais, o que significa capilaridade de atuação e pressupõe capacidade de atender as necessidades de fornecimento de bens e serviços para a Petrobras em inúmeros locais de atuação da empresa, que devido ao seu porte e atividade, está presente em diversas cidades de um país continental como o Brasil.

Em termos de qualificação tecnológica e de produtividade, podem ser utilizados indicadores de mão de obra, financiamento à inovação e direitos de propriedade industrial/intelectual (patentes, modelos de utilidade, cultivares, direitos autorais, direitos de marca etc.). Empresas com atividades sistemáticas de inovação apresentam prêmios salariais (Cirera e Soares, 2020), assim como o emprego de profissionais qualificados nos cargos definidos segundo a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) de engenharia, carreiras científicas e de pesquisa, pois indicam esforço contínuo de implementação de inovação tecnológica nessas empresas (Araujo e Alves, 2009) , assim como os direitos de propriedade intelectual (DPI) que garantem a exclusividade ao

titular da criação intelectual permitindo o avanço da inovação e a divulgação dos conhecimentos livrando os inventores ou descobridores de prejuízos da assunção solitária dos custos de seu desenvolvimento, com isso, levando a um estímulo constante à P&D (Araujo *et al.*, 2010).

O salário médio mensal pago pelas empresas fornecedoras da Petrobras foi da ordem de R$ 5.832,14, isso representa um salário 139% maior que as empresas não fornecedoras. Quando comparadas com as empresas fornecedoras do Cenpes, o salário é 37% superior à média das empresas fornecedoras da Petrobras e 227% maior que as não fornecedoras. Cumpre salientar que a diferença dos fornecedores do Cenpes pode ser ainda maior, pois os dados considerados são do ano de 2014 que é o último ano disponibilizado no banco de dados, enquanto nos demais casos são dados de 2018. Embora sejam de anos distintos, a comparabilidade nominal é possível visto que em ambos os casos os salários estão deflacionados a valores de janeiro de 2020, embora essa deflação pelos índices de inflação pode não captar ganhos reais (acima da inflação) que as fornecedoras do Cenpes possam ter concedido a seus empregados.

Outro aspecto relevante é o percentual de empregados com ensino superior em cada um dos grupos. No caso dos fornecedores da Petrobras, essa proporção é de quase 40%, enquanto dos fornecedores do Cenpes são de mais da metade do quadro de empregados. As empresas fornecedoras do Cenpes também apresentam expressiva parcela de seus empregados em carreiras científicas, somando 27% do quadro dessas fornecedoras voltadas para atividades científicas, considerando o universo de 29 mil empregados dessas empresas, totalizaria em torno de 8.000 profissionais dedicados a atividades de P&D, inovação, testes e desenvolvimento de tecnologias. No geral, os fornecedores da Petrobras também possuem um percentual considerável de profissionais nestas ocupações, chegando a quase 5% de cientistas, o destaque negativo neste grupo é da ocupação de pesquisadores, que representa apenas 0,5% do quadro dessas empresas. Entretanto, comparativamente às empresas não fornecedoras, esses números chegam a ser dez vezes maiores para engenharia e pesquisa, e quatro vezes maiores para carreiras científicas no caso das fornecedoras da Petrobras.

Em relação aos gastos empreendidos para os esforços inovativos, as fornecedoras apresentaram uma média de acesso à financiamento à inovação através da Finep e BNDES em 2018 muito próximos um dos outros. No caso das fornecedoras do Cenpes, os valores são 2,13 vezes superiores que a média de financiamentos à inovação buscados pelas empresas fornecedoras

da Petrobras como um todo. Entretanto, cumpre chamar a atenção e o cuidado ao interpretar esses dados. Os dados disponibilizados para os fornecedores e não fornecedores se referem ao ano de 2018, quando o Brasil já estava alguns anos em recessão econômica, enquanto os dados do Cenpes, 2014, se referiam a anos que embora na iminência dos anos de crise, a economia ainda apresentava dinâmica e realidades distintas.

As firmas fornecedoras também são mais velhas e maiores, sendo as fornecedoras do Cenpes com uma média de empregados superior a 1.000 empregados. Estes dados avaliados evidenciam que as fornecedoras da Petrobras dispõem de algumas características que as diferenciam das demais empresas, sobretudo em alguns indicadores de empregabilidade e resultado tecnológico, embora as variáveis de financiamento à inovação precisem de maior aprofundamento para melhores conclusões. Outro ponto de destaque é da relação dessas empresas com o restante do mundo, cerca de 28% das fornecedoras da Petrobras exportaram em 2018 contra 5% das não fornecedoras. Também 44% das empresas realizam operações de importação, enquanto apenas 7% das não fornecedoras, esse indicador é bastante relevante em termos de quando se considera renovação de parque fabril e melhoria de matérias-primas para implantação de inovação de processo dentro das empresas. Por fim, 17% das empresas são multinacionais nos casos de fornecedoras, enquanto as não fornecedoras são 1,6%, este também é um canal de transmissão de tecnologia, onde muito do P&D e inovação é desenvolvido nas matrizes das empresas no exterior e parte é aproveitada pela Petrobras indiretamente através do consumo dos bens e serviços oferecidos por essas empresas.

Fornecedores da Petrobras tendem atuar em atividades com retornos crescentes de escala ou inseridos em ambiente de tecnologia, estas características tendem a habilitá-las a alcançar maiores níveis de produtividade. O que se espera é que os atores envolvidos nessa cadeia possuam um nível de investimento que permite um constante aprimoramento dos métodos produtivos e do proveito das economias de escala e escopo.

Visando verificar esta premissa, similarmente a IPEA (2011), foi utilizado como variável *proxy* de produtividade o salário real pago pelas fornecedoras, entretanto, algumas adaptações foram adotadas nesta avaliação. A primeira adaptação foi em relação à medida. Diferentemente do trabalho passado, em que a medida era o salário médio real, foi utilizado o salário-hora anual real, obtido pela divisão da massa salarial anual de todos os empregados daquela empresa pela quantidade total de horas efetivamente trabalhadas de todos os empregados daquela empresa naquele ano. Esta medida visa dar uma homo-

geneidade por conta dos diversos setores que estão sendo avaliadas, sobretudo ao considerar setores de serviços nos quais atividades como educação, serviços de *software*, construção, transporte de cargas e outros dispõem de sazonalidade, utilização de mão de obra temporária, outsourcing e/ou modelos de remuneração que podem prejudicar a média, caso seja calculada por número de trabalhadores.

A segunda adaptação reside em comparar não a medida em si, mas sim sua taxa de variação, assim é possível captar a evolução de apropriação de ganhos de produtividade pelos trabalhadores e não apenas o comportamento do nível *vis-à-vis* os grupos sendo avaliados. Diante do fato que empresas inovadoras pagam um prêmio de inovação independente do tamanho, da idade e do setor de atuação (Cirera e Outro, 2020) pressupõe-se que ganhos de produtividades decorrentes da inovação levem a um repasse aos salários dessas empresas proporcionalmente maior, se os fornecedores da Petrobras apresentarem características tendentes a esse perfil, espera-se que os ganhos de produtividade sejam maiores neste grupo.

Esta afirmação é válida nas circunstâncias em que os trabalhadores conseguem capturar os ganhos de produtividade integralmente em suas remunerações. Caso isto não ocorra, ou caso os trabalhadores consigam capturar ganhos salariais decorrentes de outras origens que não a produtividade do trabalho (poder sindical, mudança de preços relativos do setor de atuação do fornecedor, imposições legais), a taxa de crescimento dos salários reais se distancia da taxa de crescimento da produtividade, e as análises apresentadas podem se revelar viesadas. Uma atenção particular deve ser dada para este período, dado que a política de promoção do salário mínimo garantiu um crescimento dos salários da base econômica superior aos ganhos de produtividade nessa época.

No entanto, políticas de promoção de salário mínimo não afetam o mercado de trabalho de média e alta especialização que são os mais esperados do perfil de fornecedores avaliados. Nesse perfil, de empresas grandes, com economias de escala e escopo e inserção tecnológica os salários são definidos pela escassez, especialização e qualificação da mão de obra e pelas evoluções tecnológicas e estes fatores são remunerados predominantemente pelo fator produtividade.

Para a análise, foram realizados os cálculos de ganhos de produtividade para duas realidades distintas das fornecedoras, um deles antes das empresas se tornarem fornecedores da Petrobras e outro para depois de se tornarem fornecedores. Todas as medidas foram calculadas deflacionando os valores monetários pelo IPCA valores de R$ de janeiro de 2020.

Tabela 3.4 Crescimento médio da produtividade dos fornecedores da Petrobras e Cenpes

Período	Não fornecedores	Fornecedores	Fornecedores (Cenpes)
2007-2009	4,07%	4,51%	1,35%
Período anterior a se tornar um fornecedor da Petrobras			
2008-2010	4,27%	4,46%	0,96%
2009-2011	4,17%	3,80%	2,55%
2010-2012	4,56%	3,60%	7,23%
2011-2013	4,31%	3,30%	17,18%
2012-2014	3,96%	3,07%	.
2013-2015	2,83%	2,72%	.
Período posterior a se tornar fornecedor da Petrobras			
Período	**Não Fornecedores**	**Fornecedores**	**Fornecedores (Cenpes)**
2007-2009	4,07%	4.87%	3.64%
2008-2010	4,26%	4,92%	3,38%
2009-2011	4,16%	3,99%	3,57%
2010-2012	4,55%	4,29%	3,90%
2011-2013	4,29%	3,86%	3,84%
2012-2014	3,94%	3,41%	3,28%
2013-2015	2,81%	2,20%	2,62%

Fonte: Petrobras e RAIS.

As conclusões que podem ser tiradas dos números são que aparentemente as fornecedoras da Petrobras sofreram impactos mais acentuados sobre a produtividade do trabalho em decorrência da crise econômica mundial de 2008 do que as não fornecedoras. Houve uma queda generalizada do crescimento da produtividade nos anos recentes que afetou mais fortemente a média de crescimento da produtividade das fornecedoras e daquelas em potencial (que posteriormente vieram a se tornar fornecedoras) do que as não fornecedoras. Aparentemente, para se tornar fornecedora do Cenpes os agentes precisam passar por saltos tecnológicos expressivos e crescimento considerável.

Em relação ao primeiro ponto, é possível perceber que a taxa de crescimento da produtividade do trabalho era que a das não fornecedoras maior até o período 2008-2010, entretanto, sofreu uma expressiva queda de 2009-2011 que foi mais proeminente que as não fornecedoras. Um dos fatores que pode explicar esse comportamento é o nível de exposição das empresas fornecedoras ao mercado internacional, seja via comércio ou internacionalização dos capitais. Importante salientar que os dados se referem às fornecedoras antes de se tornarem fornecedoras, e que estas empresas tiveram impacto de 16% na queda da produtividade, a queda das fornecedoras incumbentes foi de 18%, enquanto a das não fornece-

doras foi de apenas 1%. Isto demonstra que, se válida esta hipótese, as empresas fornecedoras da Petrobras possuem características operacionais muito semelhantes antes e depois do início do relacionamento com a Petrobras.

O segundo ponto, é fácil verificar que para ambos os grupos, tanto de fornecedores quanto de não fornecedores a partir de 2012 a taxa de crescimento anual da produtividade passa a cair para níveis inferiores a 4% a.a., que eram os valores obtidos de 2007 a 2013.

O resultado mais curioso e peculiar fica em relação à taxa de crescimento da produtividade do trabalho das empresas fornecedoras do Cenpes antes de estabelecerem a relação com a Petrobras. Para este grupo, há uma consistente evolução de crescimento da produtividade do trabalho no período, não sendo afetado sequer no período da crise financeira mundial. As taxas de crescimento anual beiram os 7% a.a. no período 2010-2012 e de até 12% a.a. no período 2011-2013. Essas taxas de evolução da produtividade só são compatíveis com crescimentos expressivos decorrentes de uma transformação estrutural da empresa. Esses valores são esperados a partir da introdução de inovações disruptivas, ganhos de mercado substanciais, transformações estruturantes da mão de obra ou implantação de monopólios. Este comportamento demonstra indícios fortes de que antes de se tornarem fornecedores do Cenpes, os agentes precisam passar por um processo radical de transformação, esse resultado parece ser ainda mais evidente quando se considera a taxa de evolução da produtividade do trabalho dos fornecedores já estabelecidos do Cenpes. Diferentemente das demais fornecedoras antes de virarem fornecedoras da Petrobras, apresentam taxas de crescimento da produtividade inferiores às das fornecedoras incumbentes e as das não fornecedoras.

3.2 Atividades mais Demandadas pela Petrobras

A partir do cruzamento das bases de dados é possível fazer o levantamento e distribuição setorial dos fornecedores segundo a classificação nacional de atividade econômica (CNAE) definidas conforme a Comissão Nacional de Classificação (CONCLA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os setores industriais cujos fornecedores da Petrobras atuam podem ser identificados.

O setor com maior número de fornecedores é o de fabricação de máquinas e equipamentos, com 325 fornecedores distintos no período 2007-2019. Os setores industriais com maiores fluxos de contratos de fornecimento com a Petrobras no período 2007-2019 são as atividades de apoio à extração mineral (CNAE 09), fabricação de máquinas e equipamentos (CNAE 28), metalurgia

(CNAE 24), fabricação de produtos químicos (CNAE 20) e o setor de fabricação de coque, produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis (CNAE 19), juntos somaram um valor de R$ 397 bilhões em valores atualizados. Os cinco maiores setores da indústria que fornecem para Petrobras representam 75% do total fornecido pela indústria para a empresa.

Analogamente, esse mesmo levantamento pode ser feito para empresas fornecedoras do Cenpes. Os setores com maior número de fornecedores são de fabricação de máquinas e equipamentos (CNAE 28) seguido por manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (CNAE 33), assim como são os que tiveram maiores valores destinados a título de contratos de fornecimento. Outros setores industriais de destaque são o de atividades de apoio à extração de minerais (CNAE 09), fabricação de produtos de metal (CNAE 25) e fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (CNAE 26).

Além dos setores industriais, também foram identificadas a quais setores de serviços e demais atividades econômicas as fornecedoras da Petrobras pertenciam. Foram selecionados os 25 principais setores de serviços que fornecem para a Petrobras e o Cenpes mais o setor de Pesquisa e Desenvolvimento (CNAE 72).

Enquanto os principais fornecedores de serviços para a Petrobras estão concentrados em atividades econômicas de engenharia pesada, infraestrutura e transportes, e serviços ligados a energia e combustíveis, as atividades de serviços do Cenpes se concentram em P&D, desenvolvimento de programas de computador, áreas de engenharia e construção e Ensino Superior, este último setor está diretamente associado às parcerias firmadas entre o Cenpes e Universidades e Institutos de Ensino e Pós-graduação. Importante ressaltar que em 2010 o Cenpes inaugurou seu novo centro tecnológico na Ilha do Fundão, e parte dos recursos orientados para os fornecedores de engenharia e construção de edifícios está associado a essas obras.

Os setores com maior número de fornecedores do setor de serviços para Petrobras foi o de serviços de engenharia com 508 diferentes fornecedores nesse período, também foi um dos setores com maior volume de recursos nesse período, representando quase 10% do total de contratos de serviços. No caso do Cenpes, o grosso dos contratos foi para serviços de P&D, que quando somados aos recursos destinados para as atividades de Ensino Superior alcançam quase 50% do total de contratos de serviços firmados nesse período.

Chama atenção, também, que dos contratos com fornecedores de serviços de Pesquisa e Desenvolvimento, o Cenpes representa apenas 42% do total deles.

Quando considerados os contratos com fornecedores do setor de Ensino Superior esse percentual cai para 32,5% do total. Duas são as hipóteses para que o total de contratos de fornecedores desse setor para o Cenpes, que é o principal canal de P&D e articulação com Instituições de Ensino Superior voltados para a Pesquisa da Petrobras, possua valores inferiores à metade de toda a empresa. A primeira reside na limitação dos dados, os valores dos contratos do Cenpes que podem ser mapeados nos dados só são possíveis até 2014. A partir de então, esses contratos podem ter sido realizados de forma centralizada na empresa e não são captados na classificação Cenpes. A segunda hipótese pode ser explicada em parte com programas da empresa de capacitação e extensão firmados com fornecedores de Ensino Superior que não estão voltados à Pesquisa, mas sim ao Ensino. E em relação aos fornecedores do setor de P&D, pode estar associado à demanda de outras áreas da empresa que não apenas o Cenpes.

3.3 Intensidade Tecnológica dos Setores de Atuação dos Fornecedores

Diferentes setores possuem diferentes características tecnológicas, mesmo quando estão em setores de alto desempenho inovador. Por exemplo, a indústria extrativa é bastante intensiva em capital e seus ganhos de produtividade costumam ocorrer em decorrência de inovações de processo, mas quase nenhuma inovação de produto. A indústria manufatureira, por outro lado, é capaz de ganhar mercado com a introdução de inovações de produto em setores quando seu principal mercado é voltado para os consumidores, quando são atividades manufatureiras voltados para produtos padronizados como aço, papel e celulose e outros setores intensivos em escala, a inovação de processo cumpre uma função mais relevante.

A migração das atividades econômicas de uma base industrial para uma economia de serviços passou a elencar um novo papel à inovação tecnológica, em muitos casos essa divisão passa a se confundir, como é o caso de algoritmos e *softwares* na indústria de programação ou quando há inovação em modelos de negócio de atividades tradicionais e consolidadas como os aplicativos de transporte urbano e de entrega de artigos de alimentação. Mesmo nos setores industriais, é cada vez mais comum a oferta de serviços como manutenção, assistência técnica que envolve produtos e processos que são simultaneamente determinados.

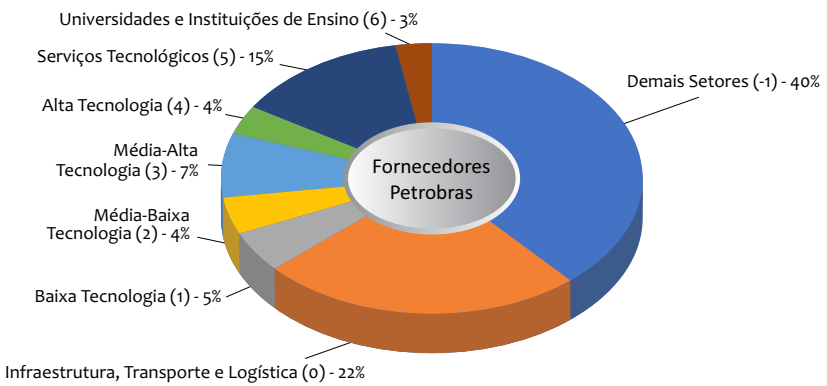
O grupo de fornecedores da Petrobras está disperso nos mais diversos setores da economia, variando de atividades extremamente dinâmicas da fronteira da tecnologia, como exploração de águas profundas e Inteligência Artificial a setores com baixo ou nenhum conteúdo tecnológico como servi-

ços de limpeza e comércio de itens diversos de armarinhos. Para caracterizar e comparar adequadamente as fornecedoras da Petrobras é necessário diminuir a variabilidade entre os grupos de comparação e permitir que eles apresentem algum grau de similitude tecnológica para poder extrair eventuais conclusões dos efeitos do relacionamento. Dado esta conjectura, torna-se necessário subdividir os fornecedores avaliados por grau de intensidade tecnológica e verificar a comparabilidade entre eles tanto em termos de diferença de categorização tecnológica como se há diferenças estruturantes pelo fato de serem fornecedores ou não da Petrobras.

Com este intuito, a amostra avaliada foi subdividida em oito categorias de intensidade tecnológica dos setores de atuação desses CNPJs. Para construção dessas categorias, foi adotada uma metodologia adaptada da proposta de taxonomia de intensidade tecnológica da OCDE (2011). Nesta taxonomia, é proposta uma classificação dos setores segundo a intensidade tecnológica. Esta classificação, no entanto, privilegia os setores da indústria manufatureira e extrativa e desconsidera os setores de serviços, inclusive os de alto valor agregado e tecnológicos. Nesse sentido, para complementar essa taxonomia, foram criadas mais quatro categorias para atender os demais setores. Deste modo, as categorias podem ser elencadas por intensidade tecnológica.

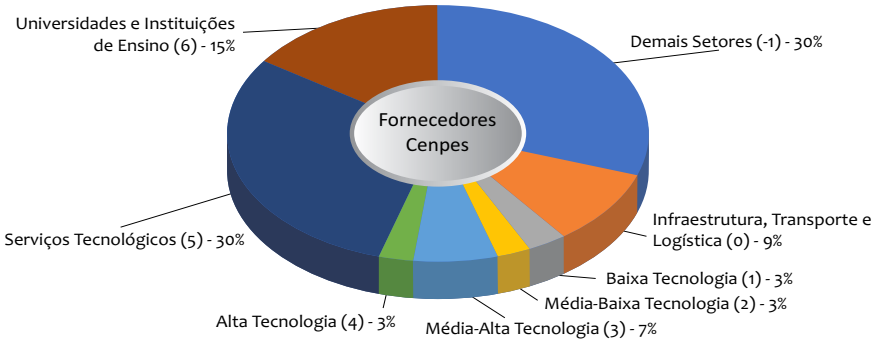
A partir desta classificação, é possível gerar um conjunto de estatísticas das características dos fornecedores considerando suas diferenças tecnológicas. O primeiro ponto de partida é a proporção de agentes e de recursos destinados para estes setores. Isto pode ser visto nos gráficos a seguir:

Gráfico 3.1 a Proporção de fornecedores da Petrobras por categoria tecnológica (2007-2019)



Fonte: Petrobras e RAIS.

Gráfico 3.1 b Proporção de fornecedores do Cenpes por categoria tecnológica (2007-2014)



Fonte: Petrobras e RAIS.

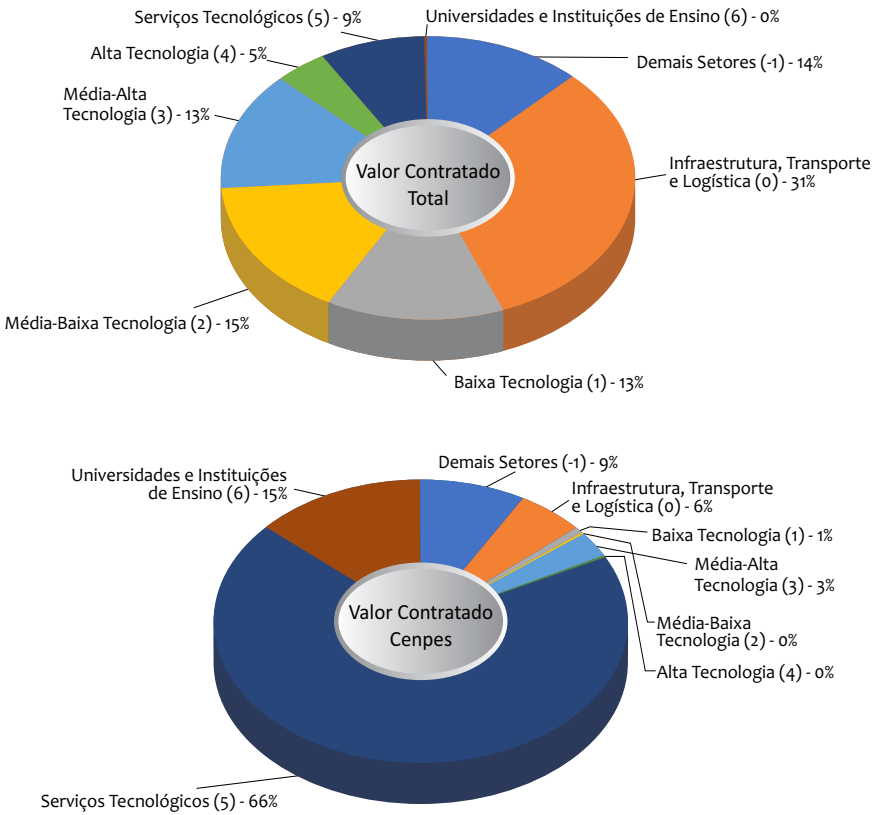
Tanto as fornecedoras da Petrobras como do Cenpes estão predominantemente categorizadas nas classificações de Infraestrutura, Transporte e Logística e na categoria de Demais Serviços. No entanto, quando desconsiderados esse conjunto de fornecedores, o maior número se encontra na categoria de serviços tecnológicos e de média-alta tecnologia. Os valores destinados para estas categorias também foram os mais vultosos desse período de análise, conforme demonstra o Gráfico 3.2.

Comparando as características das fornecedoras com as não fornecedoras por categorias tecnológicas, é possível notar que na maioria dos setores as fornecedoras apresentam maior número de filiais, excetuando os setores de Demais Serviços e Baixa Intensidade Tecnológica. Maior número de filiais reverbera em tamanho e capilaridade geográfica de atuação das empresas e em muitos casos diversificação das atividades econômicas.

As empresas fornecedoras também são mais maduras, o que pode ser visto pela idade média dessas empresas, onde os setores de Infraestrutura e Transporte e de Universidades e Instituições de Ensino despontam com as maiores médias de idade, conjuntamente com as empresas de média-baixa intensidade tecnológica.

Os setores cujas médias de montantes solicitados para financiamento à inovação no BNDES e na Finep que apresentam maiores diferenças são os setores de média-baixa tecnologia, alta tecnologia e infraestrutura, transporte e logística, setores que em média apresentam necessidades de escala e alto investimento em capital. Em termos de resultado do empenho inovador e de P&D, captado através dos registros de DPI, nota-se que as principais diferenças de médias podem ser encontradas nas Universidades e Instituições de Ensino e nos setores de média- baixa intensidade tecnológica.

Gráfico 3.2 Proporção dos Valores em R$ (IPCA Jan2020=100) contratados com os fornecedores da Petrobras (2007-2019) e do Cenpes por categoria tecnológica (2007-2014)



Fonte: Petrobras e RAIS.

O maior *ticket* médio dos contratos foi realizado com os fornecedores categorizados em média-baixa intensidade tecnológica. Segundo critérios internacionais, a atividade de refino de petróleo e fabricação de coque e derivados se enquadra nessa categoria, entretanto, para padrões brasileiros essa atividade é uma das que desenvolve maior número de inovações e P&D. Diferentemente do resto do mundo, as tecnologias que são desenvolvidas nesse setor estão no no Brasil e a Petrobras é uma das empresas que mais patenteia nessas áreas no Brasil e no mundo como poderá ser visto numa posterior que faz avaliação das patentes da Petrobras e de suas fornecedoras, mas antes, é apresentado uma seção do porquê a capilaridade de atuação das fornecedoras da Petrobras é importante para sua estratégia de atuação produtiva.

3.4 Dispersão Geográfica dos Fornecedores

Uma das características mais relevantes sobre a atuação da Petrobras é que devido sua grande presença no território nacional, a distribuição espacial destes fornecedores também se revela bastante capilarizada pelo território nacional. Entretanto, tende a se concentrar nos grandes centros metropolitanos.

O visual geográfico guarda, também, forte correlação com o padrão de distribuição da ocupação populacional pelo território brasileiro. A Figura 3.1 apresenta um panorama da localização destes fornecedores. Os vários tons servem para caracterizar os diferentes níveis tecnológicos destes fornecedores segundo a taxonomia previamente apresentada. O tamanho dos círculos guarda relação com o valor dos contratos realizados entre a Petrobras e esses fornecedores. Quanto maior o círculo, maiores foram os fluxos de recursos voltados para estes fornecedores da Petrobras.

A Figura 3.1 demonstra que, sem muita surpresa, a maior parte dos fornecedores da Petrobras se concentra no eixo Sul-Sudeste, onde coincide com grande parte das atividades de exploração da empresa e da localização de sua sede e principais Refinarias. Também há alguns *clusters* concentracionários no litoral nordestino e na região de Manaus e entorno do Rio Amazonas, provavelmente de fornecedores de base de apoio da exploração das jazidas de Urucu. A região Sul é um caso a parte, onde se concentra boa quantidade de fornecedores de setores categorizados nos graus mais altos de densidade tecnológica.

Figura 3.1 Mapa de distribuição dos fornecedores em território nacional (2007-2019)

Fonte: Petrobras e RAIS.

Para melhor visualização da dispersão dos fornecedores por intensidade tecnológica, é possível subdividir o gráfico para identificar mais claramente a localização destes fornecedores em território nacional, conforme demonstra as Figuras 3.2 a 3.4.

Figura 3.2 Mapa de distribuição dos fornecedores em território Nacional – fornecedores em setores de alta intensidade tecnológica, média-alta intensidade tecnológica e serviços tecnológicos (2007-2020)

Fonte: Petrobras e RAIS.

É fácil perceber que os fornecedores atuando em setores de maior intensidade tecnológica concentram-se basicamente no eixo industrial Sul, região de São Paulo, e o eixo produtivo litorâneo que engloba os estados de Rio e Espírito Santo. Acompanhados das atividades de maior intensidade tecnológica, seguem os serviços tecnológicos com alguns destaques solitários na região do Centro-Oeste, que basicamente orbita em torno do Distrito Federal. Os fornecedores de média-alta intensidade tecnológica são um pouco mais dispersos, alcançando regiões do interior de Minas e dos estados do Sul, entretanto, também acompanham o centro de gravidade econômica do país e da sede da empresa.

Em contraponto a estes setores, os fornecedores classificados nas atividades de transporte, infraestrutura, armazenamento e nos demais setores econômicos possuem presença mais pulverizada em território nacional, abarcando praticamente todas as regiões do país, conforme demonstra a Figura 3.3.

Figura 3.3 Mapa de distribuição dos fornecedores em território nacional – fornecedores em setores de infraestrutura, transporte e logística e demais setores econômicos (2007-2020)

Fonte: Petrobras e RAIS.

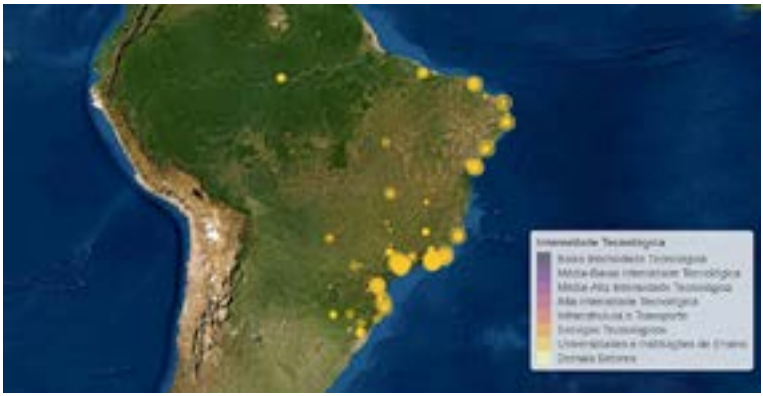
Por fim, e não menos importante, visto que este grupo caracteriza um dos grupos mais relevantes para o desenvolvimento tecnológico e execução de projetos de P&D, a Figura 3.4 mostra todos os fornecedores da Petrobras que fazem parte do setor de educação. Importante destacar esse grupo a parte , pois se trata de fornecedores que fazem parte do universo acadêmico, como Universidades e Instituições de Ensino e Pesquisa e também Centros de Capacitação Profissional que fazem parte do processo fundamental de qualificação da mão de obra da Petrobras, seja para as atividades fim ou as atividades de Pesquisa & Desenvolvimento, como Centros Federais de Tecnologia e Instituições de Capacitação Técnica do Sistema S.

A relação com estes fornecedores é de fundamental importância para a Petrobras, sobretudo para as atividades do Cenpes, que realiza sistematicamente atividades de P&D em conjunto com a própria Universidade na qual suas instalações se encontram construídas (Parque Tecnológico da UFRJ) e demais agentes locais de Ensino e Pesquisa. Os fornecedores desse setor são inclusive os que mais geram patentes e outros direitos de propriedade industrial dentre os códigos que a Petrobras mais deposita pedidos de patente, como será demonstrado na seção seguinte.

É possível verificar a localização de cada fornecedor no território nacional assim como a intensidade tecnológica que foi classificada conforme taxonomia da OCDE. Ao clicar nos fornecedores, também é possível verificar características básicas de seus endereços, contatos principais e dos valores

totais de contratos realizados com a Petrobras e o Cenpes no período cujas informações foram disponibilizadas.

Figura 3.4 Mapa de distribuição dos fornecedores em território nacional – fornecedores do setor de universidades e instituições de ensino (2007-2020)



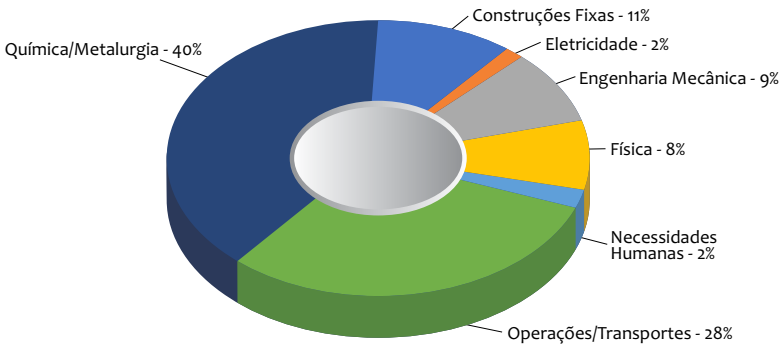
Fonte: Petrobras e RAIS.

3.5 Direitos de Propriedade Industrial e Intelectual da Petrobras e seus Fornecedores

Cada categoria tecnológica dedica parte de seus recursos de investimento e inovação para determinados tipos de tecnologia e estados da arte. O setor de petróleo e gás tende a ter necessidades em áreas afeitas à engenharia, física e química, no entanto, áreas como robótica, linguagens de programação e tecnologias mais recentes como nanotecnologia e Inteligência Artificial despontam na fronteira das necessidades desse setor. Diante do panorama tecnológico e dos resultados das inovações e pesquisa desenvolvidas pelas fornecedoras da Petrobras é possível mapear quais tecnologias podem ser úteis para empresa, seja como licenciado da tecnologia ou utilizando-a como insumos para seus próprios processos de P&D&I.

No período entre 2007 e 2020, a Petrobras realizou cerca de 1.113 pedidos de registro de patentes, pertencendo a sete das oito grandes áreas de conhecimento utilizadas na Classificação Internacional de Patentes (IPC) adotada pelo World Intelectual Property Organization (WIPO): (i) Necessidades Humanas, (ii) Operações/Transportes, (iii) Química/Metalurgia, (v) Construções Fixas, (vi) Engenharia Mecânica, (vii) Física, (viii) Eletricidade. O Gráfico 3.3 resume essa distribuição.

Gráfico 3.3 Percentual do número de pedidos de depósito de DPI por grande área de classificação



Fonte: Petrobras e INPI.

Dentre os códigos IPC mais relevantes, seis deles concentraram o maior número de registros no período, sendo apresentado entre seis a sete pedidos no período de análise para cada um desses códigos:

1. C08L 95/00 – COMPOSIÇÕES DE COMPOSTOS MACROMOLECULARES (composições à base de monômeros polimerizáveis C08F, C08G; filamentos ou fibras artificiais D01F; composições de tratamento de têxteis D06) Composições de materiais betuminosos, por exemplo, asfalto, alcatrão ou piche.
2. C10L 1/02 – COMBUSTÍVEIS NÃO FORNECIDOS DE OUTRA FORMA; GÁS NATURAL; GÁS NATURAL SINTÉTICO OBTIDO POR PROCESSOS NÃO ABRANGIDOS PELAS SUBCLASSES C10G OU C10K; GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO; USO DE ADITIVOS PARA COMBUSTÍVEIS OU INCÊNDIOS; ACENDEDORES DE FOGO essencialmente baseado em componentes que consistem em carbono, hidrogênio e oxigênio apenas.
3. C10G 11/18 – ÓLEOS DE HIDROCARBONETOS DE CRAQUEAMENTO; PRODUÇÃO DE MISTURAS DE HIDROCARBONETOS LÍQUIDOS, por exemplo, POR HIDROGENAÇÃO DESTRUTIVA, OLIGOMERIZAÇÃO, POLIMERIZAÇÃO (craqueamento em hidrogênio ou gás de síntese C01B; craqueamento ou pirólise de gases de hidrocarbonetos em hidrocarbonetos individuais ou suas misturas de constituição definida ou especificada C07C; craqueamento em coques C10B; craqueamento em coque; RECUPERAÇÃO DE ÓLEOS DE HIDROCARBONETOS

DE ÓLEO-XISTO, AREIA-ÓLEO OU GASES; MISTURAS PARA REFINAMENTO CONTITUÍDOS PRINCIPALMENTE EM HIDROCARBONETOS; REFORMA DE NAFTA; CERAS MINERAIS de acordo com a técnica de "leito fluidizado".

4. E21B 17/00 – PERFURAÇÃO DE TERRA OU ROCHA (mineração, pedreira E21C; construção de poços, condução de galerias ou túneis E21D); OBTENÇÃO DE ÓLEO, GÁS, ÁGUA, MATERIAIS SOLÚVEIS OU MELTÁVEIS OU UMA PASTA DE MINERAIS ATRAVÉS DE POÇOS. Hastes ou tubos de perfuração; Colunas de perfuração flexíveis; Kellies; Colares de perfuração; Varetas de sugador; Tripas; Tubos (acoplamentos de haste em geral F16D; tubos ou acoplamentos de tubo em geral F16L).
5. E21B 17/01 – PERFURAÇÃO DE TERRA OU ROCHA (mineração, pedreira E21C; construção de poços, condução de galerias ou túneis E21D); OBTENDO ÓLEO, GÁS, ÁGUA, MATERIAIS SOLÚVEIS OU MELTÁVEIS OU UMA PASTA DE MINERAIS ATRAVÉS DE POÇOS. Risers (conectores riser E21B0033038000).
6. E21B 43/01 – PERFURAÇÃO DE TERRA OU ROCHA (mineração, pedreira E21C; construção de poços, condução de galerias ou túneis E21D); OBTENDO ÓLEO, GÁS, ÁGUA, MATERIAIS SOLÚVEIS OU MELTÁVEIS OU UMA PASTA DE MINERAIS ATRAVÉS DE POÇOS. Especialmente adaptado para a obtenção de instalações subaquáticas (cabeças de poço subaquáticas E21B0033035000).

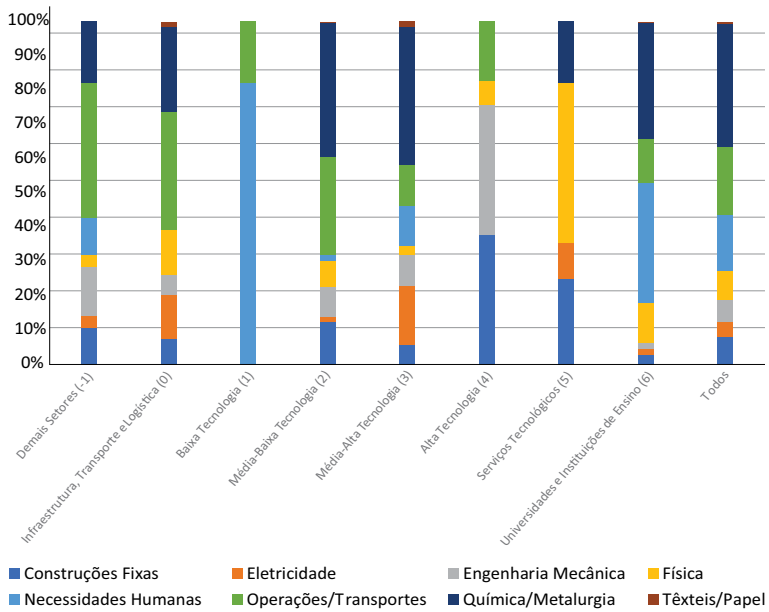
Os três primeiros códigos de patentes estão relacionados com processos tecnológicos para geração ou obtenção de produtos (compostos betuminosos, combustíveis e hidrocarbonetos), as outras três estão associados a tecnologias do processo produtivo (perfuradores). Os DPIs de processo são ligados às atividades tecnológicas mais tradicionais e de domínio tecnológico da Petrobras, que guarda relação com a exploração de óleo em águas profundas.

As empresas que tiveram algum tipo de relação de fornecimento com a Petrobras, depositaram cerca de 3.096 patentes no período de análise, com a distribuição, segundo as Grandes Áreas Tecnológicas classificadas pelo WIPO e a taxonomia de intensidade tecnológica, contida no Gráfico 3.4.

O maior percentual de DPIs apresentados ao INPI em grande parte dos grupos é voltado para as Grandes Classificações de Química/Metalurgia, com exceção das empresas de baixa-tecnologia e alta tecnologia. A primeira, predomina as patentes voltadas para Necessidades Humanas. A segunda, para Engenharia Mecânica. A área de Serviços Tecnológicos, embora também apre-

sente um bom percentual de patentes voltadas para área de Química/Metalúrgica, a área do conhecimento de maior destaque é, no entanto, é a área da Física. As fornecedoras de média-baixa Intensidade Tecnológica são as que mais se aproximam da distribuição de DPIs da Petrobras.

Gráfico 3.4 Distribuição dos DPIs apresentados pelos fornecedores da Petrobras ao INPI, por grande área de classificação e classificação de intensidade tecnológica (2007-2019)



Fonte: Petrobras e INPI.

É possível obter quais fornecedores e quais códigos IPCs foram apresentados neste período simultaneamente nas mesmas áreas tanto pela Petrobras quanto por seus fornecedores. Ao fazer o cruzamento de forma a obter apenas a interseção entre os DPIs nas mesmas áreas tecnológicas entre a Petrobras e suas fornecedoras, chega-se a uma lista de 318 distintos códigos IPCs.

Os códigos com maiores interseções foram os seguintes:

1. C07C 67/08 – COMPOSTOS ACÍCLICOS OU CARBOCÍCLICOS (compostos macromoleculares C08; produção de compostos orgânicos por eletrólise ou eletroforese C25B0003000000, C25B0007000000). Ácidos carboxílicos reagentes ou anidridos simétricos com o grupo hidroxi ou O-metal de compostos orgânicos.

2. C10L 1/02 – COMBUSTÍVEIS NÃO FORNECIDOS DE OUTRA FORMA; GÁS NATURAL; GÁS NATURAL SINTÉTICO OBTIDO POR PROCESSOS NÃO ABRANGIDOS PELAS SUBCLASSES C10G OU C10K; GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO; USO DE ADITIVOS PARA COMBUSTÍVEIS OU INCÊNDIOS; ACENDEDORES DE FOGO essencialmente baseado em componentes que consistem em carbono, hidrogênio e oxigênio apenas.
3. B01J 20/30 – PROCESSOS QUÍMICOS OU FÍSICOS, por exemplo, CATÁLISE OU QUÍMICA COLÓIDE; SEUS APARELHOS RELEVANTES. Processos de preparação, regeneração ou reativação.
4. C07C 31/22 – COMPOSTOS ACÍCLICOS OU CARBOCÍCLICOS (compostos macromoleculares C08; produção de compostos orgânicos por eletrólise ou eletroforese C25B0003000000, C25B0007000000). Álcoois tri-hidroxílicos, por exemplo, glicerol.
5. C07C 67/03 – COMPOSTOS ACÍCLICOS OU CARBOCÍCLICOS (compostos macromoleculares C08; produção de compostos orgânicos por eletrólise ou eletroforese C25B0003000000, C25B0007000000). Reagindo um grupo éster com um grupo hidroxi.
6. C12N 1/21 – MICROORGANISMOS OU ENZIMAS; COMPOSIÇÕES DAS MESMAS; PROPAGANDO, PRESERVANDO OU MANTENDO MICROORGANISMOS; MUTAÇÃO OU ENGENHARIA GENÉTICA; MEIOS DE CULTURA (meio de teste microbiológico C12Q0001000000). Modificado pela introdução de material genético estrangeiro.
7. C12P 7/10 – PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO OU UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS PARA SINTESE UM COMPOSTO QUÍMICO DESEJADO OU PARA SEPARAR ISÔMEROS ÓPTICOS DE UMA MISTURA RACÊMICA. Substrato contendo material celulósico.
8. E21B 41/04 – PERFURAÇÃO DE TERRA OU ROCHA (mineração, pedreira E21C; construção de poços, condução de galerias ou túneis E21D); OBTENDO ÓLEO, GÁS, ÁGUA, MATERIAIS SOLÚVEIS OU MELTÁVEIS OU UMA PASTA DE MINERAIS DE POÇOS. Manipuladores para operações subaquáticas, por exemplo, temporariamente conectados a cabeças de poço (manipuladores em geral B25J).
9. E21B 43/01 – PERFURAÇÃO DE TERRA OU ROCHA (mineração, pedreira E21C; construção de poços, condução de galerias ou túneis E21D); OBTENDO ÓLEO, GÁS, ÁGUA, MATERIAIS SOLÚVEIS OU MELTÁVEIS OU UMA PASTA DE MINERAIS ATRAVÉS DE POÇOS. Especialmente adaptado para a obtenção de instalações subaquáticas (cabeças de poço subaquáticas E21B0033035000).

10. G06F 19/00 – PROCESSAMENTO DE DADOS DIGITAIS ELÉTRICOS (sistemas computacionais baseados em modelos computacionais específicos G06N). Equipamento ou métodos de computação digital ou processamento de dados, especialmente adaptados para aplicações específicas.

A partir da lista anterior é possível realizar um planejamento de parceria tecnológica, licenciamento de tecnologia ou geração de aquisição ou desenvolvimento conjunto de novas tecnologias, sobretudo ao se considerar que há outros fornecedores que tem gerado DPIs nas mesmas tecnologias que a Petrobras tem dado alta relevância (como perfuração de rochas ou combustíveis baseados em carbono, oxigênio e hidrogênio apenas). Explorar esse nicho pode trazer ganhos produtivos e de eficiência nos gastos de desenvolvimento de novos produtos, processos e sistemas.

Em especial a IPC G06F 19/00, está inserido na fronteira tecnológica dos serviços de processamento de dados, caminhando para o uso de Inteligência Artificial e processamento de *big data* para a tomada de decisão. Parece ser importante que a Petrobras disponibilize tempo e dedicação a avaliar o estado da arte da tecnologia desses fornecedores por meio do acesso da própria documentação de DPIs, podendo gerar externalidades positivas para o próprio processo tecnológico da empresa.

Considerações Finais

Este trabalho mostra que as empresas brasileiras do setor de petróleo e gás tem capacitação tecnológica em nível internacional em determinadas tecnologias de exploração. Isso só foi possível através do pioneirismo e da quantidade de conhecimento e *spillover* gerados na fronteira da evolução do processo produtivo do setor. A atuação da Petrobras foi chave nesta cadeia produtiva. Muitas dessas empresas internalizaram as competências para o desenvolvimento das tecnologias necessárias para lidar com as idiossincrasias locais, e grande parte do êxito decorreu de ações diretas ou indiretas da Petrobras e da sua área de P&D, em particular da atuação do Cenpes no processo de desenvolvimento de tecnologias. A Petrobras mobilizou toda uma cadeia de parcerias, tanto voltadas para o P&D quanto em suas relações produtivas de fornecedor-cliente. As necessidades tecnológicas da Petrobras, na cadeia de fornecimento, exigiram de alguma forma que esse processo de desenvolvimento de tecnologias se propagasse para além das fronteiras da empresa.

Referências

Araújo, E. F. et al. 2010. Propriedade Intelectual: proteção e gestão estratégica do conhecimento. Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 1-10.

Araújo, B. C.; Cavalcante, L. R.; Alves, P. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). Radar: tecnologia, produção e comércio exterior n. 5. Brasília: IPEA, 2009.

Cirera, X.; Soares Martins-Neto, A. 2020. Do Innovative Firms Pay Higher Wages? Micro–Level Evidence from Brazil.

De Negri, J. A. et al. 2011. Poder de compra da Petrobras: impactos econômicos nos seus fornecedores.

Fioravante, D.; Aguirre, L.. A cooperação entre universidades e empresas e os fornecedores da Petrobras. In: Turchi, L.; Negri, F.; Negri, J. A. Impactos Tecnológicos das Parcerias da Petrobras com Universidades, Centros de Pesquisa e Firmas Brasileiras. 1ª edição. Brasília: IPEA, p. 115-138, 2013.

Galindo-Rueda, F.; Verger, F. 2016. OECD taxonomy of economic activities based on R&D intensity.

Van Caenegem, W. Intellectual property and intellectual capital. Intellectual Property, v. 3, p. 1-2002, 2002.

4

Uma Análise da Infraestrutura de Pesquisa para o Setor de Petróleo

Fernanda De Negri

Introdução

Em 2016, o IPEA lançou uma publicação denominada *Sistemas Setoriais de Inovação e Infraestrutura de Pesquisa no Brasil.* Essa publicação fazia um levantamento inédito e exaustivo das condições da infraestrutura de pesquisa no pais. Um dos fatores determinantes da capacidade de inovação e componente chave de um sistema de inovação bem sucedido é a capacidade laboratorial e de pesquisa instalada no país.

Todos os países mais inovadores do mundo, sem exceção, contam com uma infraestrutura de pesquisa ampla, diversificada e com escala de produção capaz de aglutinar, numa mesma instituição, centenas ou milhares de pesquisadores de diversas áreas. Essas instituições constituem o núcleo da pesquisa científica e tecnológica desses países, respondendo pela maior parte de sua produção científica. São instituições como os Laboratórios Nacionais ou os Institutos Nacionais de Saúde (NIH), nos EUA ou o Max Planck, a Fraunhofer e o Helmholz, na Alemanha, ou ainda instituições como Academia Nacional de Ciências, na China.

Nesse levantamento, constatou-se que, embora o Brasil disponha de uma infraestrutura de pesquisa mais robusta e diversificada do que diversos outros países em desenvolvimento, a maior parte da pesquisa científica do país ainda está dentro das universidades públicas. Instituições como a Fiocruz, as unidades de pesquisa do MCTI ou a Embrapa são apenas uma pequena parte do ecossistema brasileiro de inovação.

O que aquele levantamento mostrou é que "a imensa maioria da nossa infraestrutura de pesquisa é formada de pequenos laboratórios espalhados nas universidades brasileiras. São infraestruturas nas quais trabalham, em média, apenas quatro pesquisadores e cujos equipamentos de pesquisa, em cerca de 90% dos casos, custam menos de R$ 2 milhões" (De Negri e Squeff, 2016).

Um dos capítulos daquele levantamento analisou, especificamente, a infraestrutura de pesquisa disponível para o setor de petróleo. Para chegar a esses laboratórios, perguntou-se ao seu coordenador qual o setor de atividade econômica no qual as pesquisas do laboratório poderiam ser aplicadas. Assim, entre as 1.760 infraestruturas de pesquisa mapeadas naquele levantamento, chegou-se a cerca de 117 infraestruturas cujas atividades eram explicitamente voltadas para o setor de Petróleo. Constatou-se que, embora maiores do que a média dos laboratórios abrangidos pelo levantamento, nas diversas áreas, os laboratórios voltados ao setor de petróleo também eram menores do que infraestruturas similares no resto do mundo. Apesar disso, foi possível verificar que essas infraestruturas estavam relativamente atualizadas tecnologicamente, fato evidenciado pelo ano de criação daqueles laboratórios e pelos investimentos realizados em modernização que eram, em geral, bastante recentes. Constatou-se também que os investimentos realizados pela Petrobras eram críticos na manutenção e atualização dessa infraestrutura, dado que a empresa respondia por mais da metade dos recursos de pesquisa obtidos por aqueles laboratórios no ano anterior ao levantamento.

O principal objetivo desse capítulo é atualizar o mapeamento da infraestrutura de pesquisa no setor de petróleo, com foco em alguns de seus aspectos centrais. Nos últimos anos, o país tem passado por uma redução bastante significativa nos recursos, tanto públicos quanto privados, alocados para a ciência e a tecnologia. A própria Petrobras reduziu significativamente seus investimentos em P&D no período recente. Uma das questões colocadas nesse texto é até que ponto essa redução de recursos disponíveis para pesquisa afetou esses laboratórios, tanto em termos de pessoal alocado em pesquisas quanto em relação à atualização tecnológica dessas infraestruturas.

Outro objetivo do Capítulo é identificar como os pesquisadores envolvidos em projetos de pesquisa baseados na cláusula de P&D da ANP avaliam a execução desses projetos. Quais os principais entraves e quão efetiva é, na visão dos pesquisadores, o acompanhamento dos projetos pela empresa e pela ANP.

4.1 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, elaborou-se um questionário a ser aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras após 2015. Esse questionário foi, em grande medida, baseado no questionário aplicado em (De Negri e Squeff, 2016), a fim de garantir a comparabilidade dos resultados e avaliar a evolução da infraestrutura de pesquisa do setor de petróleo.

O questionário foi dividido em três partes[1]. A primeira buscava levantar informações sobre a infraestrutura de pesquisa no qual o pesquisador desenvolveu o projeto de pesquisa. Nela, as questões abordavam os seguintes aspectos:

1. Tipo da infraestrutura (se um laboratório, infraestrutura de TI etc.), a principal área do conhecimento e localização, por meio do CEP.
2. Principal área do conhecimento.
3. Ano de criação do laboratório ou infraestrutura e ano em que foi realizado o último investimento em modernização ou ampliação de capacidade.
4. Valor do último investimento realizado.
5. Número de pesquisadores que trabalham no laboratório, por titulação (doutores, mestres, graduados etc.) bem como o número de pesquisadores estrangeiros.
6. Se o laboratório é acreditado e qual a modalidade de acreditação (calibração ou ensaios).
7. Quais as principais fontes de recursos captados pelo laboratório/infraestrutura, em 2019, para a realização de projetos de pesquisa.
8. Valor estimado da infraestrutura.
9. Como o pesquisador avalia a qualidade da infraestrutura e dos equipamentos disponíveis e quais os principais gargalos existentes. Perguntou-se ainda, se esses gargalos tinham sido obstáculos para a realização de algum projeto de pesquisa recente.

[1] O questionário completo encontra-se no anexo.

A segunda parte do questionário focou não na infraestrutura, mas no projeto de pesquisa, perguntando como os pesquisadores avaliam a execução de projetos de pesquisa no âmbito do programa de P&D da ANP, com a Petrobras ou com outras empresas do setor. Nesse caso, as perguntas diziam respeito:

1. Aos resultados alcançados pelo projeto.
2. À gestão dos projetos de pesquisa e se a empresa realizou alguma avaliação e*x post* desses projetos.
3. Por fim, quais as principais dificuldades (tecnológicas ou administrativas) encontradas na execução da pesquisa.

Finalizando o questionário, havia algumas questões sobre o surgimento de novas empresas (*spin-offs*) originadas dos resultados dos projetos desenvolvidos.

Os respondentes em potencial eram os 740 coordenadores de projetos, cujos nomes e e-mails foram disponibilizados pela Petrobras, que também fez o contato inicial com os pesquisadores. Os questionários foram enviados, por meio de formulários eletrônicos, para todos esses coordenadores, sendo que o número final de respondentes chegou a 281, após um mês de coleta de dados.

Após a finalização da coleta, os questionários ainda passaram por uma crítica detalhada, que incluiu a checagem dos CEPs, dos recursos obtidos para projetos de pesquisa, de diversas fontes, entre outras variáveis. Essa crítica incluiu o reenvio de e-mails para os coordenadores, visando esclarecer algumas dúvidas no preenchimento do questionário.

Posteriormente, os dados desses coordenadores foram cruzados coma a base de dados do currículo Lattes de mestres e doutores brasileiros, a fim de analisarmos a produção científica desses coordenadores de projetos *vis-à-vis* outros pesquisadores brasileiros. A junção do questionário com a base de dados do CV Lattes se deu pelo nome completo do pesquisador. Dos 281 coordenadores que responderam ao questionário enviado pela equipe responsável pela pesquisa, 213 foram encontrados na base de dados do currículo Lattes. A partir dessa base de dados, é possível ter um retrato bastante exaustivo da produção científica e tecnológica desses pesquisadores, a partir de informações como: (i) número de artigos publicados no Brasil e no exterior e em revistas de alto e baixo impacto científico; (ii) número de coautores; (iii) patentes registradas no Brasil e no exterior, entre outras informações.

As próximas seções apresentam os resultados obtidos pelo questionário no que diz respeito às características da infraestrutura de pesquisa.

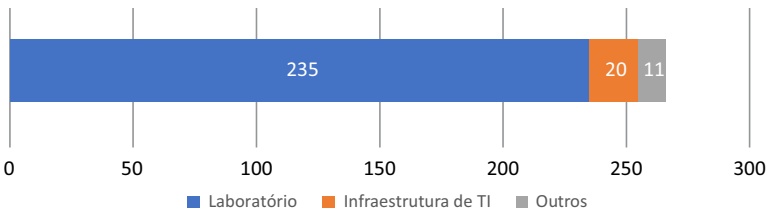
4.2 Características Gerais das Infraestruturas

Entre os 281 respondentes dos questionários, alguns deles trabalham ou utilizam o mesmo laboratório/infraestrutura para desenvolver seus projetos. Como o objetivo aqui é analisar as características dos laboratórios e infraestruturas, e não dos pesquisadores, essas duplicações foram eliminadas a partir da identificação de repetições de respostas sobre as características das infraestruturas. Dessa forma, das 281 respostas enviadas aos questionários, foram identificadas 266 infraestruturas diferentes. Dado que a maior parte da infraestrutura de pesquisa para o setor de Petróleo no Brasil desenvolve projetos de pesquisa com a Petrobras, essa é uma boa amostra do perfil dessa infraestrutura. Comparativamente ao levantamento anterior, realizado em 2013, essa amostra é ainda mais ampla: naquele levantamento, existiam 117 infraestruturas voltadas a pesquisas no setor de petróleo.

Contudo, é preciso ter em conta que, no levantamento realizado agora, o foco são as infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, ou seja, laboratórios e demais infraestruturas cujos responsáveis foram coordenadores de projetos de pesquisa patrocinados pela Petrobras a partir de 2015. Nesse sentido, pode existir um viés de seleção nessa amostra, qual seja, de que a Petrobras selecione para financiar apenas os pesquisadores, e respectivos laboratórios, com maiores competências científicas e tecnológicas do que o restante da infraestrutura de pesquisa disponível no país. Esse viés de seleção pode fazer com que algumas características do levantamento atual sejam diferentes daquelas obtidas anteriormente, onde ser laboratório parceiro da Petrobras não foi um critério de seleção da amostra.

Passando a análise dos dados, em primeiro lugar é preciso ressaltar que a maior parte dos respondentes (235) também é a pessoa responsável pela infraestrutura/laboratório. Essa característica garante que as informações relativas ao laboratório sejam mais precisas.

Gráfico 4.1 Número de infraestruturas de pesquisa utilizadas pelos coordenadores de projetos da Petrobras, segundo tipo de infraestrutura (2020)

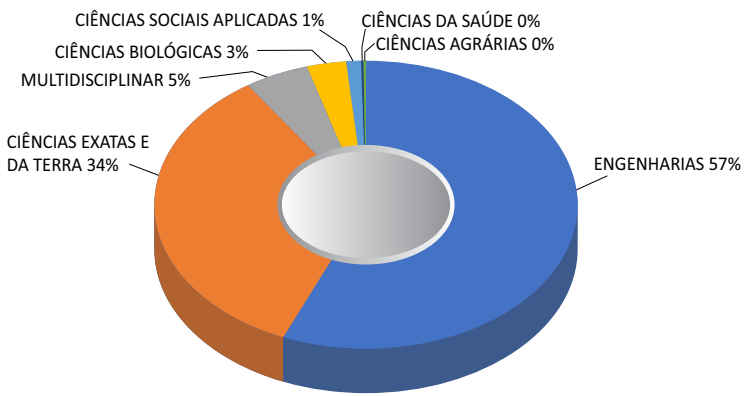


Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

A primeira pergunta realizada visava caracterizar o tipo de infraestrutura utilizadas pelas pesquisas apoiadas pela Petrobras. Como esperado, a maior parte deles (235) são laboratórios, mas também existem cerca de 20 infraestruturas de tecnologia da informação (supercomputadores ou redes de informática), além de 11 infraestruturas de outros tipos, tais como navios de pesquisa ou redes de monitoramento sísmico, por exemplo.

Em relação às grandes áreas do conhecimento, a maior parte dessas infraestruturas é especializada nas áreas de Engenharias (57% dos laboratórios) e Ciências Exatas e da Terra (34%). De modo geral, essas são as áreas nas quais a Petrobras tem maior expertise e nas quais se assenta grande parte das demandas tecnológicas da empresa. Áreas como Geologia e Sísmica, Química do Petróleo, Sistemas de Produção Submarinos, entre outros, demandam muito conhecimento novo nessas áreas. Laboratórios de pesquisa multidisciplinares, por sua vez, correspondem a 5% do total.

Gráfico 4.2 Número de infraestruturas de pesquisa utilizadas pelos coordenadores de projetos da Petrobras, segundo área do conhecimento (2020)



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

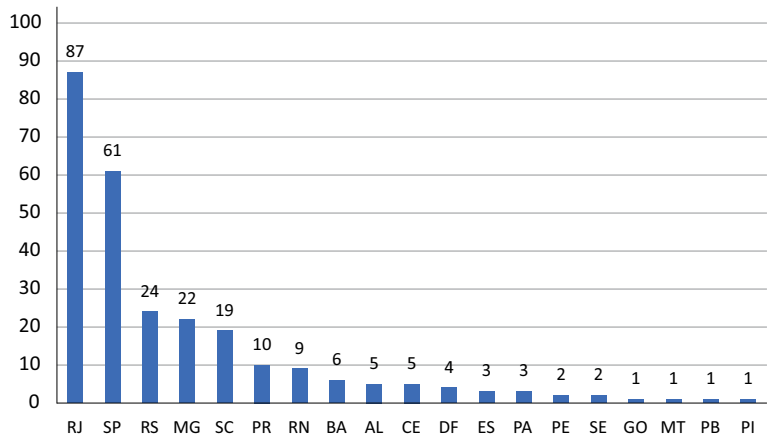
Essa é uma característica relativamente estável entre os laboratórios que trabalham com o setor de petróleo. No levantamento anterior (De Negri e Squeff, 2016), realizado em 2013, o percentual de laboratórios em Engenharia era de 56% e os de Ciências Exatas e da Terra correspondiam a 36% do total.

Do ponto de vista da sua distribuição regional, a maior parte dos laboratórios de pesquisa parceiros da Petrobras está nos Estados do Rio de Janeiro e

São Paulo, que possuem 87 e 61 destes laboratórios, respectivamente, ou cerca de 55% do total. Depois desses dois estados, aparecem o Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Santa Catarina, com 24, 22 e 19 laboratórios, respectivamente.

A Região Sudeste, portanto, responde por mais de 60% dos laboratórios que tiveram alguma parceria de pesquisa com a Petrobras no período recente. Essa é uma concentração ainda maior do que a identificada no levantamento realizado em 2013, onde a região Sudeste respondia por 55% da infraestrutura de pesquisa no setor e a região Nordeste, por 21%. No levantamento atual, de laboratórios parceiros da Petrobras, o conjunto dos estados do Nordeste possuem 31 laboratórios, o que representa menos de 12% do total. Uma das explicações para essa diferença pode ser resultado do viés de seleção, já apontado anteriormente, na amostra de laboratórios parceiros da Petrobras[2].

Gráfico 4.3 Distribuição, por Unidade da Federação, do número de infraestruturas de pesquisa no setor de petróleo e gás



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

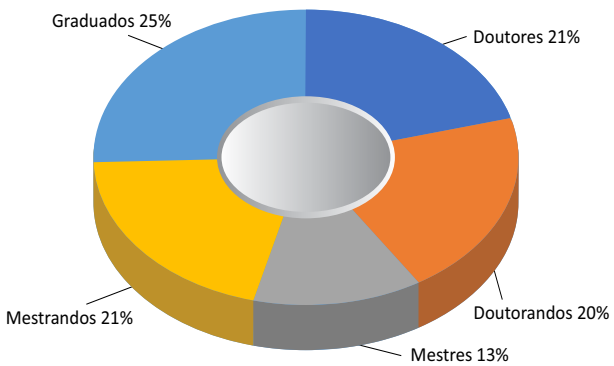
[2] Ao longo desse projeto, também responderão ao questionário outros pesquisadores responsáveis por projetos de pesquisa realizados utilizando a cláusula de P&D da ANP. Embora a maior parte desses pesquisadores também tenha projetos com a Petrobras, essa segunda amostra pode ajudar a esclarecer a importância desse viés de seleção.

4.3 Número e Perfil dos Pesquisadores nos Laboratórios Parceiros

Embora o número de respondentes seja 281, o número total de pesquisadores que trabalham nas infraestruturas parceiras da Petrobras é de mais de 8 mil, entre doutores, mestres e graduados, uma média de 31 pesquisadores por infraestrutura. Se compararmos com os resultados obtidos em 2003, para as 117 infraestruturas de pesquisa no setor de petróleo, naquela ocasião foi obtido um número de 710 pesquisadores, ou seja, uma média de pouco mais de 6 pesquisadores por infraestrutura.

A distribuição desses pesquisadores por titulação é bastante diversificada: doutores e doutorandos representam 41% do total dos pesquisadores nesses laboratórios (Gráfico 4.4), enquanto mestres são 13% e mestrandos 21%. Os outros 25% são pesquisadores graduados. Essa também é uma diferença significativa em relação ao levantamento anterior, no qual 74% dos pesquisadores eram doutores. Contudo, como o número de pesquisadores naquela ocasião foi menor do que no levantamento atual, essa diferença que pode indicar o crescimento dos laboratórios na área de petróleo e gás, por meio da incorporação de pesquisadores mais jovens.

Gráfico 4.4 Distribuição percentual do número de pesquisadores em laboratórios parceiros da Petrobras, por titulação (2020)



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

Quanto à distribuição por área de conhecimento, assim como o número de infraestruturas, a maior parte dos pesquisadores também está concentrada na área de Engenharias, seguida pela área de Ciências Exatas e da Terra. As infraestruturas multidisciplinares, que embora sejam apenas 13 no total,

respondem por mais de 1.100 pesquisadores, evidenciando um porte maior dessas infraestruturas, no que diz respeito ao número de pesquisadores. Em infraestruturas multidisciplinares, a média de pesquisadores é de 87 em cada infraestrutura.

Do ponto de vista da titulação dos pesquisadores, não há variações significativas entre as áreas de conhecimento. Nas áreas onde estão o maior número de infraestruturas e nas Biológicas, o número de doutores e doutorandos é de cerca de 40% do número total de pesquisadores. Nas infraestruturas que se classificaram como multidisciplinares, esse percentual é um pouco menor, cerca de 30%, o que pode ser efeito do maior tamanho relativo dessas infraestruturas *vis-à-vis* as das demais áreas.

Tabela 4.1 Distribuição, por área de conhecimento da infraestrutura de pesquisa, do número de pesquisadores por titulação (2020)

Área do conhecimento	Número infraestr.	Doutores	Doutorandos	Mestres	Mestrandos	Graduados	total	média por infra
Engenharias	150	918	963	554	1.008	1.132	4.575	31
Exatas e da Terra	91	509	523	257	517	467	2.273	25
Multidisciplinar	13	203	135	218	132	447	1.135	87
Biológicas	8	27	31	17	23	41	139	17
Sociais Aplicadas	3	48	14	13	9	10	94	31
Agrárias	1	3	6	1	6	5	21	21
Total Geral	**266**	**1.708**	**1.672**	**1.060**	**1.695**	**2.102**	**8.237**	**31**

Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

Além disso, do ponto de vista da distribuição regional, o mapa abaixo mostra a distribuição das infraestruturas, segundo o número de pesquisadores atuando em cada uma delas. Notamos que apenas três cidades possuem infraestruturas com mais de 200 pesquisadores: Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre. No detalhe do mapa, aparece a região do Rio de Janeiro, com as mais de 80 infraestruturas da cidade.

Por fim, uma questão relevante sobre o perfil dos pesquisadores atuando nessas infraestruturas diz respeito ao número de pesquisadores estrangeiros. O Brasil ainda tem uma ciência muito pouco conectada ao resto do mundo, com baixa participação nos fluxos internacionais de conhecimento, e com baixo impacto internacional, em termos de citações. Uma das razões que explicam esse cenário é o fato de que o país é um dos que tem menos estudantes brasileiros no exterior e ainda menos estudan-

tes e pesquisadores estrangeiros no Brasil. Algumas evidências a esse respeito estão em (De Negri, 2018), onde se vê que o número de estudantes brasileiros no exterior é o menor (menos de 30 mil estudantes por ano) em relação a uma série de países, assim como o número de estudantes estrangeiros que o país recebe, que é pouco superior a 12 mil por ano. Boa parte desses estudantes são de países de língua portuguesa, o que mostra que o idioma parece ser uma barreira importante para a maior internacionalização da ciência brasileira. Países com um sistema científico mais internacionalizado tendem a adotar o inglês nos seus cursos de pós-graduação, o que não acontece no país.

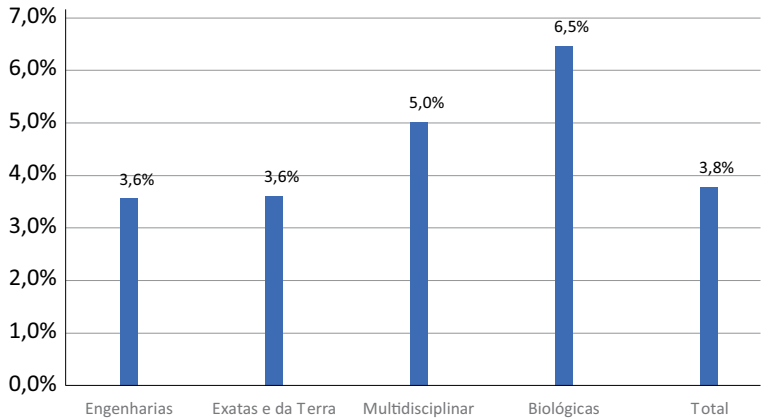
Figura 4.1 Distribuição regional das infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, segundo o número de pesquisadores que trabalham em cada uma delas

Fonte Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

As infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, embora se destaquem do ecossistema brasileiro em diversos aspectos, não fogem completamente a esse cenário de baixa internacionalização. Uma das questões feitas aos coordenadores de projetos apoiados pela Petrobras foi sobre o número de pesquisadores estrangeiros que trabalhavam no laboratório/infraestrutura utilizada para o projeto. Ao todo, entre os mais de 8 mil pesquisadores, apenas pouco mais de 300 (ou 3,8%) são estrangeiros.

A presença de pesquisadores estrangeiros é maior nas infraestruturas das áreas Biológicas e multidisciplinares, onde eles representam 6,5% e 5% respectivamente.

Gráfico 4.5 Percentual de pesquisadores estrangeiros em infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, por área de conhecimento (2020)



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

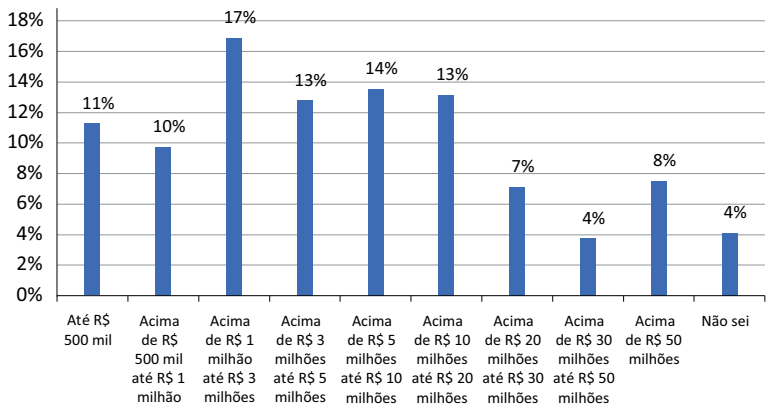
4.4 Valor das Infraestruturas e Fontes de Financiamento

Um aspecto fundamental para se analisar a infraestrutura de pesquisa no país e sua competitividade na produção científica é o seu tamanho, em termos do valor investido na criação daquela infraestrutura. Uma das características da infraestrutura de pesquisa no país é o seu pequeno porte quando comparada com países e instituições líderes mundiais (De Negri e Squeff, 2016). Esse aspecto é relevante porque, assim como na economia, a escala é fator importante para a eficiência da produção científica. Laboratórios maiores podem adquirir insumos e equipamentos a custos mais baixos, além de possibilitarem que seus pesquisadores se concentrem em suas áreas de especialidade, dividindo tarefas de pesquisa e ampliando a eficiência da sua produção.

Em 2013, quando o IPEA realizou o primeiro levantamento sobre a infraestrutura de pesquisa no país, observamos que a maior parte (60%) dessas infraestruturas tinha um valor inferior a R$ 500 mil reais. Isso significa que todos os equipamentos assim como as instalações físicas necessárias para o laboratório custariam menos do que isso para serem adquiridos. Quando foram analisadas apenas as infraestruturas ligadas ao setor de petróleo, esse valor foi um pouco superior. Ainda assim, 34% dos coordenadores dessas infraestruturas declaram que ela custaria menos de R$ 500 mil (Gráfico 4.7). Em valores de hoje, isso significaria um pouco mais do que R$ 750 mil.

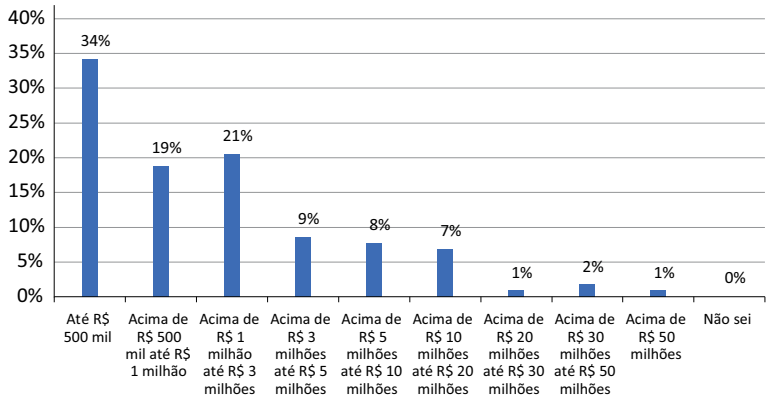
Quando observamos os valores estimados pelas infraestruturas parceiras da Petrobras em 2020, verificamos que 21% delas encontram-se numa faixa de valor de até R$ 1 milhão, compatível com a faixa mais baixa de 2013. Por outro lado, em 2020, 23% dos pesquisadores responderam que seus laboratórios/infraestruturas custam mais do que R$ 20 milhões. Em 2013, apenas 11% das infraestruturas pesquisadas declaram que o conjunto de suas instalações físicas e equipamentos custou mais do que R$ 10 milhões.

Gráfico 4.6 Distribuição percentual das infraestruturas segundo seu custo total (2020)



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

Gráfico 4.7 Distribuição percentual das infraestruturas segundo seu custo total (2013)



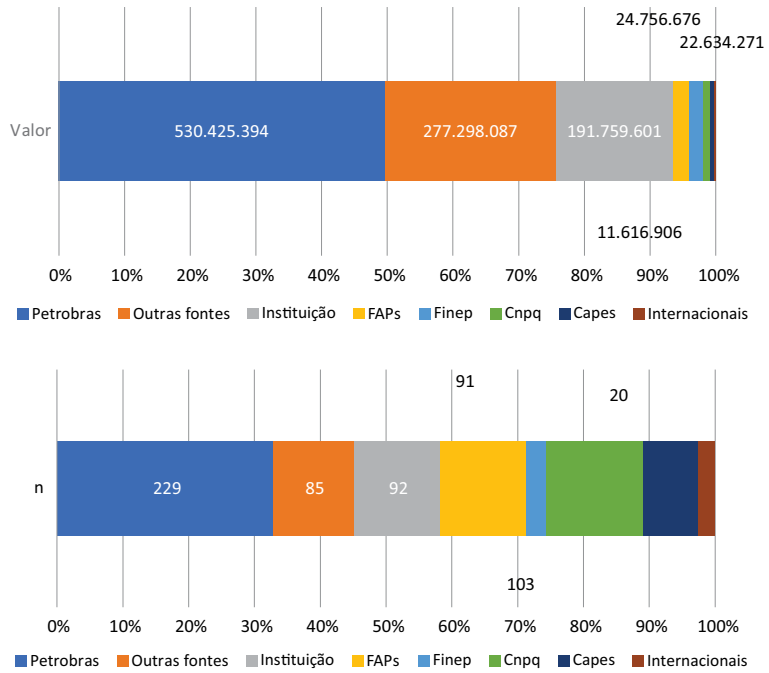
Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

O que esses números mostram é que, hoje, a infraestrutura de pesquisa voltada ao setor de Petróleo parece ter uma escala um pouco maior do que há alguns anos atrás. Isso pode ser resultado de uma amostra um pouco diferente da anterior, dado que a amostra atual conta com 266 infraestruturas enquanto, em 2013, eram apenas 117. Pode também, por outro lado, ser o resultado do aumento da capacidade instalada dos laboratórios e infraestruturas do setor, resultado de investimentos realizados no período recente. Embora possa haver alguma sobreposição entre as duas amostras, não é possível afirmar com certeza quantas das 117 infraestruturas de 2013 foram contempladas na amostra de 2020. Só a comparação das mesmas infraestruturas poderia garantir que os valores maiores obtidos em 2020 foram resultados do crescimento da capacidade instalada dessas infraestruturas. Na próxima seção, vamos explorar um pouco mais as informações sobre investimentos realizados no período recente, o que pode ajudar a qualificar esses resultados.

Antes disso, porém, é importante analisar como essas infraestruturas se financiam. Laboratórios maiores possuem mais pesquisadores, mais equipamentos e custos de manutenção também maiores. Em um cenário, como o atual, de redução de financiamento a pesquisa no Brasil todo, especialmente de fontes federais, essa questão torna-se ainda mais relevante.

O traz o valor recebido para pesquisa de diversas fontes pelas infraestruturas parceiras da Petrobras, bem como o número de infraestruturas que foram financiadas por cada uma dessas fontes em 2019. Ao todo, as 226 infraestruturas pesquisadas arrecadaram mais de R$ 1 bilhão em recursos para pesquisa durante o ano de 2019. Cerca de metade desses recursos, ou R$ 530 milhões, foram arrecadados por projetos de pesquisa financiados pela Petrobras que é, de longe, a mais importante fonte de financiamento da pesquisa nessas infraestruturas. Em segundo lugar, com R$ 277 milhões, aparecem outras fontes de financiamento, provavelmente outras empresas, dado que a maior parte das fontes públicas de financiamento estava explicitada em outras opções de resposta. Recursos da própria instituição/Universidade onde está instalado a infraestrutura são a terceira principal fonte de recursos, com aproximadamente R$ 190 milhões. Só depois é que aparecem as fontes públicas estaduais ou federais, como as Fundações Estaduais de Amparo a Pesquisa (FAPs), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES).

Gráfico 4.8 Principais fontes de financiamento das infraestruturas parceiras da Petrobras (2019)



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras. Nota: A soma do número de infraestruturas que utilizam diversas fontes de financiamento *é* maior do que o número total de infraestruturas, por que várias delas contam com mais de uma fonte.

Embora as fontes públicas sejam pouco representativas nos valores para pesquisa, elas são mais relevantes em termos de número de infraestruturas que dispõem de algum recurso proveniente dessas agências. Entre as 266 infraestruturas presentes nesse levantamento, 103 utilizaram recursos do CNPq e 91 tiveram algum recurso disponibilizado pelas FAPs. Isso é resultado tanto da abrangência dessas agências quando dos baixos volumes de recursos alocados para cada projeto. No caso do CNPq, é muito provável que o recurso utilizado pelos laboratórios/infraestruturas seja o de bolsas de mestrado ou doutorado para alunos que desenvolvem seus projetos no laboratório. No que diz respeito a Petrobras, como era esperado, a maior parte das infraestruturas parceiras (226) teve recursos de pesquisa da empresa no ano de 2019.

A Finep, por sua vez, além de ser pouco representativa no volume de recursos (apenas 2% do total), também apoiou apenas 20 entre as 226 infraestruturas do setor de petróleo. Esse pode ser o resultado do enxugamento de

orçamento da Instituição, que vem se aprofundando desde 2015. Em 2012, mesmo não sendo uma fonte das principais fontes de financiamento das infraestruturas de pesquisa em petróleo, a Finep apoiou 20% delas, respondendo por cerca de 6% do total de recursos disponíveis.

Tabela 4.2 Principais fontes de financiamento das infraestruturas de pesquisa do setor de Petróleo (2012)

Entidade financiadora	Número de infraestruturas	Valor recebido (R$ milhões)	Participação (%)
Petrobras	59	175,3	57,6
Própria instituição	31	38,1	12,5
Empresa privada	29	29,9	9,8
Finep	25	17,5	5,7
Fundo Estadual de Amparo	36	11,1	3,6
Prestação de serviços	22	8,8	2,9
CNPq	47	7,3	2,4
Outra	8	6,9	2,3
Outra instituição pública	3	5,3	1,7
CAPES	32	3,3	1,1
Outra empresa pública	4	1,3	0,4
Total	**117**	**304,5**	**100,0**

Fonte: MCTI, CNPq e IPEA em Morais e Turchi (2016).

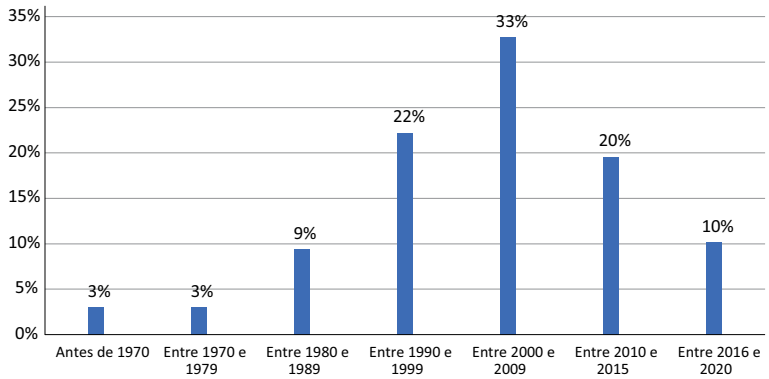
De modo geral, contudo, o retrato das principais fontes de financiamento para pesquisa nos laboratórios e infraestruturas voltados ao setor não é muito diferente. Em 2012, a Petrobras já era a fonte mais importante de recursos para esses laboratórios, respondendo por cerca de 58% do volume total, seguida pela própria instituição e por outras empresas privadas. As FAPs e outras agências públicas de fomento, assim como agora, desempenhavam um papel menos relevante no financiamento da pesquisa nesses laboratórios.

Esse quadro aponta para um cenário que deveria ser uma preocupação relevante da Petrobras nos próximos anos. A empresa é, sem dúvida alguma, a principal fonte de financiamento à pesquisa de uma parcela significativa da infraestrutura de pesquisa em petróleo e gás no país. Isso significa que, na medida em que a empresa reduza os recursos aplicados em P&D, como vem fazendo nos últimos anos, boa parte dessa infraestrutura corre o risco de ficar obsoleta ou mesmo desaparecer. Isso pode representar uma perda de capacidade científica e tecnológica do país nessa área, o que pode fazer muita falta para a competitividade da empresa e do setor no Brasil no futuro.

4.5 Idade e Atualização Tecnológica das Infraestruturas

Outra dimensão fundamental na análise da infraestrutura de pesquisa do setor de petróleo diz respeito ao que se pode chamar de atualização tecnológica dessa infraestrutura. No questionário, esse aspecto foi captado de duas formas. Primeiro perguntou-se qual o ano de criação do laboratório/infraestrutura, o que pode nos proporcionar informações relevantes sobre o quão atualizado é o laboratório. A segunda, e talvez mais importante, forma de captar essa dimensão diz respeito a quando foi realizado o último investimento relevante em manutenção ou atualização dos equipamentos da infraestrutura. Mesmo um laboratório relativamente antigo, pode estar sendo constantemente modernizado e tecnologicamente atualizado.

Gráfico 4.9 Distribuição das infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, segundo ano de início de operação

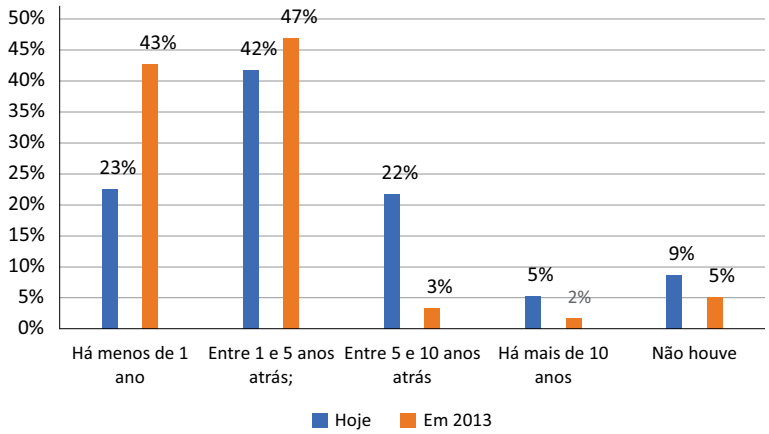


Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

A primeira questão mostrou que 63% dessas infraestruturas começaram a operar depois de 2000, ou seja, são instalações de pesquisa com menos de 20 anos de idade, sendo que 30% foram criadas nos últimos 10 anos. Cerca de 22% delas são instalações que começaram a funcionar nos anos 1990.

Se compararmos esses resultados com o retrato tirado em 2013 (referente a 2012), naquele ano 56% das infraestruturas pesquisadas tinham cerca de 10 anos de idade. Ou seja, aparentemente, em 2013, essa era uma infraestrutura um pouco mais jovem, reflexo provavelmente de um ciclo de investimentos em C&T realizado pelo país nos anos anteriores.

Gráfico 4.10 Distribuição das infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, segundo o período em que foi realizado o último investimento significativo



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

Sobre esse tema, o Gráfico 4.10 evidencia dados mais contundentes. Tanto no levantamento realizado em 2013 quanto no atual, foi perguntado aos pesquisadores quando havia sido realizado o último investimento relevante na modernização ou ampliação do laboratório. Em 2013, a ampla maioria (90%) dos respondentes declarou que o último investimento relevante havia sido feito nos cinco anos anteriores, sendo que 43% deles disseram que esse investimento tinha ocorrido há menos de um ano. No levantamento atual, esse percentual foi substancialmente menor. Apenas 23% disseram que o último investimento foi realizado há menos de um ano enquanto outros 42% declararam que o laboratório recebeu investimentos entre um e anos atrás. Por outro lado, cresceu o percentual daqueles que afirmaram que o último investimento relevante foi realizado há mais de cinco anos. Em 2013 esse percentual era de menos de 10% ao passo que, agora, foi de 36%.

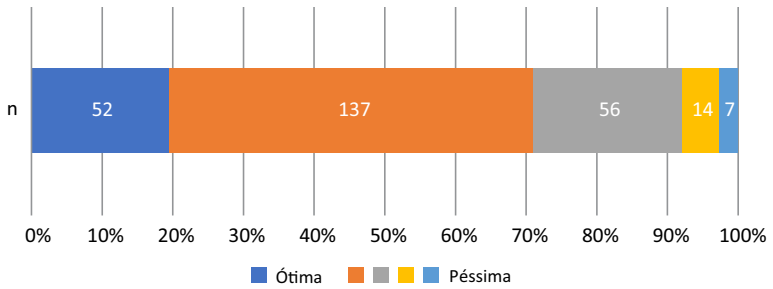
Essa é uma evidência relevante de que a infraestrutura de pesquisa no setor pode estar ficando ou pode vir a ficar obsoleta no curto prazo. Por um lado, é o reflexo do enxugamento de recursos públicos para C&T, mas também reflete a redução do nível de investimento da Petrobras nesses laboratórios. Em que medida essa relativa obsolescência da infraestrutura de pesquisa pode afetar a capacidade de essas instalações realizarem pesquisas relevantes para o setor é uma questão que será analisada na próxima seção.

4.6 Condições de Pesquisa e Gargalos

A primeira pergunta a fim de aferir as condições de pesquisa nas instalações de pesquisa parceiras da Petrobras baseava-se na percepção dos seus coordenadores. Perguntou-se como esses pesquisadores avaliavam, numa escala *likert* de ótimo a péssimo, as condições de pesquisa (equipamentos, manutenção, atualização tecnológica etc.) do laboratório.

Entre os 266 respondentes, 137 (51%) apontaram que as condições de pesquisa são boas e 52 disseram que são ótimas. Apenas 77 (cerca de 28%) responderam dizendo que as condições são razoáveis ou ruins.

Gráfico 4.11 Distribuição das infraestruturas de pesquisa parceiras da Petrobras, segundo as condições da infraestrutura

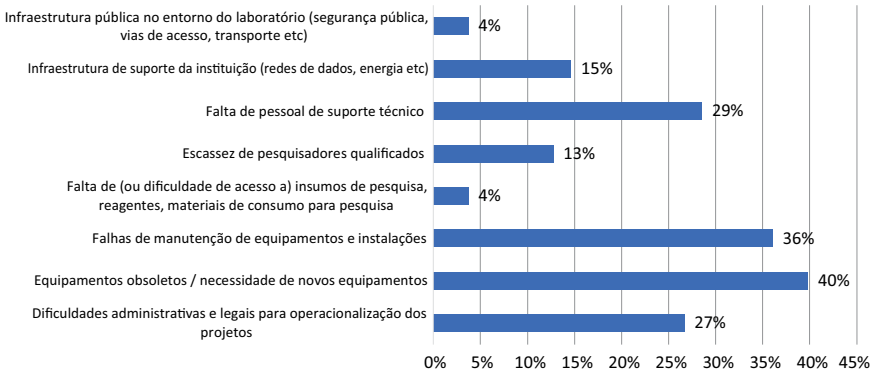


Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

Essa resposta, contudo, é bastante subjetiva e parece contrastar com a obtida na questão seguinte, que pedia ao respondente para enumerar os principais gargalos existentes na instalação de pesquisa. Essa era uma questão fechada, para a qual o respondente poderia escolher até duas opções de resposta. As opções abrangiam desde a infraestrutura pública do entorno da instalação, até aspectos relativos à mão de obra qualificada e a qualidade/modernização dos equipamentos de pesquisa.

As respostas dessa questão foram mais reveladoras e, em certa medida, compatíveis com as obtidas na seção anterior. Cerca de 40% dos respondentes apontaram que os equipamentos obsoletos ou a falta de novos equipamentos é o principal gargalo do laboratório. Logo a seguir, apontado como gargalo por 36% dos respondentes, está a manutenção da instalação e dos equipamentos. E 29% dos respondentes declararam que a falta de pessoal de suporte técnico é um gargalo relevante para a infraestrutura ao passo que 27% apontaram para problemas operacionais e administrativos.

Gráfico 4.12 Principais gargalos das infraestruturas parceiras da Petrobras (2020)



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

O fato de grande parte dos respondentes apontarem para a obsolescência dos equipamentos, juntamente com a queda nos investimentos em modernização e ampliação nos últimos cinco anos aponta para o que pode ser um problema para a infraestrutura de pesquisa no setor de petróleo num futuro próximo. A desatualização dessa infraestrutura pode comprometer a capacidade científica e tecnológica instalada no país.

De fato, corrobora com essa percepção, o fato de que 31% dos respondentes afirmaram que os gargalos apontados foram os responsáveis pela perda de oportunidades de pesquisa, editais ou projetos com empresas. Parte deles afirmou que não foram capazes de realizar projetos com a Petrobras em virtude desses gargalos.

4.7 Sobre a Execução dos Projetos com Base na Cláusula de P&D da ANP

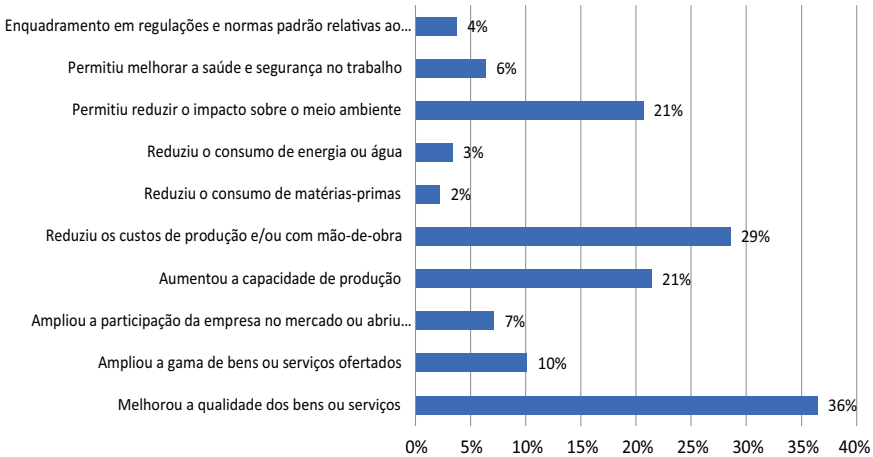
Parte do questionário aplicado se destinava a captar a opinião dos pesquisadores sobre o processo de gestão dos projetos de pesquisa realizados com a Petrobras e com outras empresas no âmbito da cláusula de P&D da ANP. O objetivo é conhecer como e se esses projetos são avaliados e quais os principais problemas encontrados pelos pesquisadores.

A primeira questão dizia respeito aos resultados. Perguntou-se aos pesquisadores se, na opinião deles, os projetos tinham alcançado os resultados desejados pela empresa. Cerca de 90% dos pesquisadores responderam que sim, que o projeto de pesquisa alcançou os resultados esperados pela

empresa. Cerca de 8% responderam que não sabiam e apenas 2% disseram que o projeto não alcançou os resultados esperados.

Segundo 36% dos pesquisadores respondentes, o projeto desenvolvido foi capaz de melhorar a qualidade dos bens e serviços da empresa. Outros 29% declararam que o projeto contribuiu para a redução de custos de produção ou custos de mão de obra. Outro resultado, mencionado por 21% dos pesquisadores, foi a redução do impacto sobre o meio ambiente. Também com 21% das menções, outro resultado relevante, segundo os pesquisadores, foi o aumento na capacidade de produção da empresa.

Gráfico 4.13 Resultados obtidos pelos projetos de pesquisa com a Petrobras, na visão dos pesquisadores responsáveis (2020)

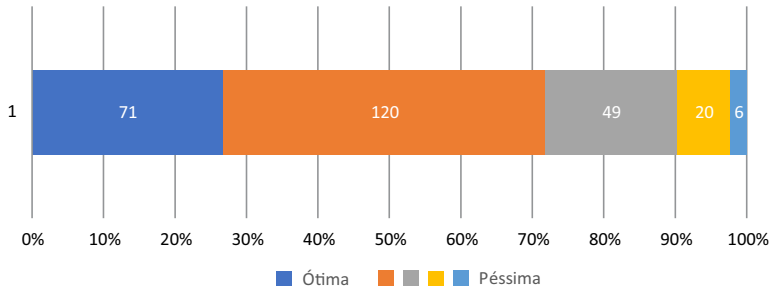


Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

A seguir, perguntamos como o coordenador do projeto avaliava a gestão de projetos de P&D pela empresa. Note-se que o foco aqui não é a gestão dos projetos de P&D realizados pelo Cenpes ou internamente pelas demais empresas do setor, mas como são geridos os projetos contratados nas universidades e centros de pesquisa.

O coordenador tinha à disposição uma escala *likert* de alternativas que ia do ótimo ao péssimo e deveria escolher uma delas. A ampla maioria dos respondentes afirmou que a gestão dos projetos de P&D era ótima (71 respostas) ou boa (120 respostas) enquanto 75 respostas afirmavam que essa gestão era regular, ruim ou péssima.

Gráfico 4.14 Como você avalia a gestão dos projetos de P&D pela empresa?

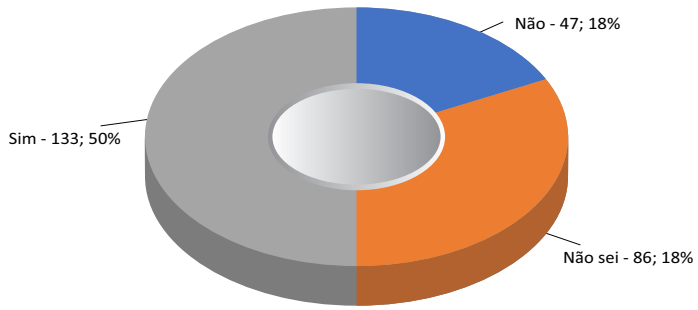


Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa realizados no âmbito do programa de P&D da ANP.

Na questão seguinte, perguntamos se a empresa realizou alguma avaliação e*x post* em relação aos resultados alcançados pelo projeto. Uma boa gestão dos projetos de P&D pressupõem que se faça uma avaliação *ex post* desse resultado. Nesse quesito, metade dos respondentes afirmaram que sim, foi feita avaliação de resultados. No entanto, outra metade dos respondentes afirmaram não saber ou que nenhuma avaliação teria sido realizada. Ora, se o coordenador do projeto afirma não saber se uma avaliação foi realizada, é indício de que essa avaliação não tenha sido feita. Em alguma medida, a ausência de avaliação *ex* post é contraditória com uma gestão eficiente dos projetos de P&D e de uma gestão eficiente, em geral, como vimos na discussão da literatura sobre os impactos da gestão na produtividade empresarial. Em alguma medida, essa resposta relativiza as respostas obtidas na questão anterior evidenciando que a gestão do P&D externo da empresa pode melhorar, a partir da realização mais rotineira de avaliação de resultados dos seus projetos.

Por fim, a última questão dessa seção do questionário procura avaliar quais as principais dificuldades encontradas pelos coordenadores na execução dos projetos de pesquisa da Petrobras ou de outras empresas no âmbito do programa de P&D da ANP. As dificuldades que, de longe, superaram qualquer outra em termos de número de respostas foram as dificuldades administrativas e operacionais para a execução dos projetos. Isso é extremamente preocupante se pensarmos que estamos falando em projetos de pesquisa, no qual as principais dificuldades deveriam ser o risco do projeto ou dificuldades técnicas associadas com a pesquisa e o desenvolvimento. O fato de doutores, pesquisadores responsáveis pela coordenação de projetos de pesquisa complexos apontarem dificuldades administrativas como as mais importantes é um sinalizador preocupante ou de que os projetos são simples ou de que as barreiras administrativas são imensas.

Gráfico 4.15 A empresa realizou alguma avaliação *ex post* sobre os resultados alcançados pelo projeto



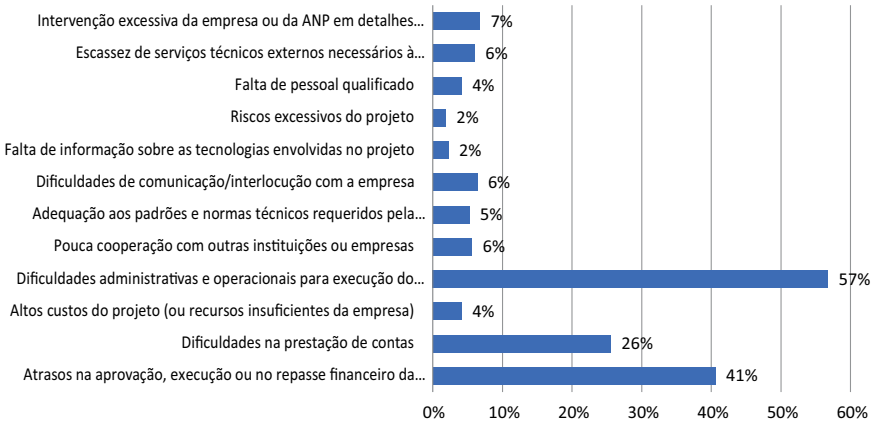
Fonte: questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa realizados no âmbito do programa de P&D da ANP.

Entre as dificuldades administrativas, na parte da questão que era aberta a comentários, muitos pesquisadores ressaltaram as dificuldades em remanejar gastos entre as rubricas previstas no projeto além de uma excessiva burocracia na gestão. Mais uma vez, isso parece não ser compatível com os resultados da primeira questão que falam da boa gestão de projetos por parte da empresa. Afinal, os procedimentos administrativos e operacionais são parte da gestão do projeto e muitos pesquisadores reclamaram fortemente do engessamento e da burocracia excessiva. Importante considerar que um projeto de pesquisa, especialmente um que seja mais arriscado ou inovador, é dinâmico. As necessidades financeiras e orçamentárias do projeto são muito difíceis de serem estimadas a priori e, ao longo da execução, podem se alterar. O projeto inicial poderia estimar a compra de um equipamento para realizar determinada análise, mas, ao longo do projeto, pode-se avaliar mais eficiente a contratação serviços de análises ao invés da compra de um equipamento. Esse tipo de mudança orçamentária deveria ser flexível e ágil, sob pena de se reduzir a eficiência ao longo do projeto.

Outro ponto levantado por vários pesquisadores diz respeito à necessidade de se planejar viagens internacionais com detalhes praticamente impossíveis de serem previstos no momento da elaboração do projeto. Congressos que vão acontecer ao longo do projeto, mas que só se saberá o país alguns meses antes de sua ocorrência são um exemplo. Nos projetos encaminhados para a Petrobras, é necessário detalhar o país das viagens no início, o que por vezes é impossível. O mesmo acontece com viagens técnicas que se mostrem necessárias ao longo da execução do projeto. Nesse sentido, parece relevante que haja algum tipo de simplificação no orçamento previsto do projeto para

que ele possa se adequar às necessidades do projeto ao longo do tempo. A maior liberdade e autonomia no uso dos recursos foram mencionadas por muitos pesquisadores entrevistados.

Gráfico 4.16 Na sua opinião, quais as principais dificuldades na execução de projetos de P&D da Petrobras ou baseados no regulamento de P&D da ANP



Fonte: questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa realizados no âmbito do programa de P&D da ANP.

Outra dificuldade mencionada em 41% das respostas foram os atrasos na execução do projeto, na aprovação dos produtos e na liberação das parcelas para as instituições. O prejuízo desse tipo de atraso é muito evidente. No momento em que os pesquisadores preparam o projeto, existe uma equipe associada a ele que não ficará ociosa por meses ou anos, caso o projeto leve todo esse tempo pra ser aprovado. Da mesma forma, o atraso na liberação dos recursos significa o não pagamento do pessoal envolvido no projeto, muitos deles bolsistas de pós-doutorado que não dispõem de outra fonte de renda. Isso tudo pode gerar um turnover na equipe que é prejudicial ao bom andamento do projeto. Por fim, relacionado com esses dois itens, vem as dificuldades na prestação de contas, mencionada em 26% das respostas.

Considerações Finais

Durante boa parte dos anos 2000, os laboratórios e demais instalações de pesquisa no país foram beneficiados por novos investimentos em modernização e

ampliação de capacidade, em virtude do aumento tanto dos investimentos federais em C&T quanto de outras fontes, como as Fundações Estaduais de Amparo a Pesquisa. As instalações de pesquisa em áreas correlatas ao setor de petróleo e gás ainda puderam contar com investimentos realizados pela Petrobras, por meio da cláusula de P&D da ANP. Parte significativa dos investimentos obrigatórios em P&D da empresa, na primeira década de 2000, foi feita na ampliação da infraestrutura de pesquisa disponível. Investimentos em supercomputadores, em tanques de prova numéricos, como o da POLI-USP, são alguns exemplos desses investimentos, que lograram constituir uma infraestrutura de pesquisa moderna e internacionalmente competitiva.

Com a queda no preço do petróleo e a redução das obrigações de P&D das empresas petrolíferas, o volume de investimentos em infraestrutura se reduziu, assim como em projetos de pesquisa que contribuíam para a manutenção dessas instalações. Além disso, desde 2015, o orçamento federal para C&T também se reduziu drasticamente, afetando duplamente a capacidade de investimento das instituições de pesquisa no país.

O resultado de anos de baixo investimento em ampliação e modernização da infraestrutura de pesquisa já começa a ficar evidente ao se comparar indicadores dessa infraestrutura em 2020 com os obtidos em livro publicado pelo IPEA (De Negri e Squeff, 2016), a partir de levantamento feito em 2013. Em 2013, quase 50% dos coordenadores ou responsáveis pelas instalações de pesquisa declararam que o último investimento significativo em modernização ou ampliação havia sido há menos de um ano. No levantamento realizado em 2020, nos laboratórios relacionados ao setor de petróleo e gás, pouco mais de 20% responderam o mesmo. Isso se reflete na obsolescência dessa infraestrutura de pesquisa e dos equipamentos, apontados por muitos dos entrevistados como um dos gargalos para se realizar pesquisas com as empresas do setor de petróleo.

O questionário aplicado também procurou levantar as principais dificuldades na operacionalização dos projetos de P&D realizados com a Petrobras com base na cláusula de P&D da ANP. A rigidez orçamentária, na prestação de contas e a burocracia no processo de gestão são os problemas mais citados pelos pesquisadores. Chama a atenção o fato de os processos administrativos e operacionais representarem dificuldades maiores do que os próprios desafios tecnológicos e os riscos associados aos projetos de pesquisa.

No momento em que esse artigo foi finalizado, o valor das obrigações de investimentos em P&D devidas pelas empresas do setor de petróleo e gás, em virtude da cláusula da ANP, voltou a crescer. O aumento dos preços internacio-

nais do petróleo e, consequentemente, da rentabilidade das empresas do setor, novamente ampliou o volume de recursos a serem investidos. Talvez esse seja um bom momento para refletir sobre as melhorias possíveis na regulação desses investimentos. Em primeiro lugar, o prazo para realização dos investimentos é curto, o que não dá tempo suficiente para as empresas do setor mobilizarem cientistas e pesquisadores para realizar projetos tecnologicamente desafiadores e de fronteira. O caráter cíclico e volátil desses recursos também não contribui para a necessária previsibilidade dos investimentos em pesquisa. Uma vez que equipes são desmobilizadas e laboratórios ficam obsoletos, reativar essas instalações para pesquisa de ponta num prazo curto é uma tarefa árdua. Simplificar processos, tanto para os pesquisadores quanto para as empresas também deveria ser um objetivo constante da agência reguladora.

Todas essas características apontam para a necessidade de aprimoramento do marco regulatório para investimentos em P&D no setor de petróleo e gás. É possível pensar em alternativas que garantam:

1. Maior facilidade e agilidade para as empresas realizarem investimentos em pesquisa e assim cumprirem suas obrigações legais.
2. Menor burocracia e menos amarras administrativas para os pesquisadores utilizarem esses recursos, sem prejuízo à transparência e ao bom uso do recurso.
3. Maior previsibilidade e estabilidade desses recursos, por meio do estabelecimento de um fluxo anual relativamente constante de recursos para pesquisa.
4. Aplicação desses recursos em tecnologias para o setor no presente, mas também para um setor de energia do futuro, com maior utilização de fontes renováveis e ambientalmente sustentáveis.

Referências

De Negri, F. 2018. *Novos caminhos para a inovação no Brasil*. Brasilia: IPEA. http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8441.

De Negri, F.; Squeff, F. H. S. 2016. *Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil*. IPEA.

Anexo

Questionário aplicado aos coordenadores dos projetos de pesquisa com a Petrobras

Parte 1 – Sobre a infraestrutura de pesquisa ou laboratório no qual o pesquisador trabalha	
	o apenas uma das alternativas
	Escolher Várias respostas possíveis
1.	Para executar projetos de pesquisa com a Petrobras, você utiliza, principalmente, que tipo de infraestrutura de pesquisa?
	o Laboratório
	o Estação ou rede de monitoramento (redes de monitoramento sísmico, por exemplo)
	o Estufa, câmara de crescimento ou viveiro
	o Navio de pesquisa ou laboratório flutuante
	o Observatório
	o Planta, usina-piloto ou fazenda experimental
	o Biotério
	o Outro _____
2.	Você é o coordenador ou responsável por essa infraestrutura?
	o Sim
	o Não
3.	CEP do laboratório ou infraestrutura _____
4.	Assinale a área do conhecimento do laboratório/infraestrutura
	☐ [foi disponibilizada aos respondentes a relação de áreas e grande áreas científicas do CNPq]
5.	Quando a infraestrutura/laboratório iniciou suas atividades (desde quando o laboratório existe)?
	o Antes de 1970
	o Entre 1970 e 1979
	o Entre 1980 e 1989
	o Entre 1990 e 1999
	o Entre 2000 e 2009
	o Entre 2010 e 2015
	o Entre 2016 e 2020
6.	Qual foi a última vez que o laboratório/infraestrutura recebeu um investimento relevante em ampliação ou modernização?
	o Há menos de 1 ano
	o Entre 1 e 5 anos atrás;

o Entre 5 e 10 anos atrás		
o Há mais de 10 anos		
o Não houve (se não houve, passar direto pra questão 7, se houve ir pra 6.1)		
6.1. Qual o montante do investimento		
o Menos de R$ 100 mil		
o Entre R$ 100 e R$ 500 mil;		
o Entre R$ 500 mil e R$ 1 milhão;		
o Entre R$ 1 e R$ 5 milhões;		
o Mais do que R$ 5 milhões;		
7. Informe o número de pesquisadores que trabalham cotidianamente no laboratório/ infraestrutura e quantos estavam vinculados ao projeto desenvolvido com a Petrobras:		
Nível	Número total de pesquisadores	ao projeto com a Petrobras Número de pesquisadores vinculados
Doutoras(es)		
Doutorandos(as)		
Mestres		
Mestrandos(as)		
Mestrandos(as)		
Mestrandos(as)		
7.1. Quantos pesquisadores estrangeiros? _____		
8. O laboratório é acreditado?		
o Sim		
o Não		
8.1. Se sim, qual a modalidade de acreditação		
☐ Calibração		
☐ Ensaios		
☐ Outras modalidades		
9. Quais foram as principais fontes de recursos **para pesquisa** recebidos pelo laboratório/ infraestrutura nos últimos dois anos (2018 e 2019) e qual o valor recebido (efetivamente desembolsado)?		
Instituição de fomento/empresas	Receitas de pesquisa obtidas pelo laboratório/infraestrutura	
☐ Própria instituição onde o laboratório está sediado		
☐ CAPES		
☐ CAPES		
☐ Finep		
☐ Fundação estadual de amparo à pesquisa		

☐ Petrobras (ou outra empresa do setor de petróleo)	
☐ Fontes do exterior	
☐ Outras fontes	

10. Qual o valor total aproximado do laboratório/infraestrutura (inclua o custo de todos os equipamentos disponíveis bem como de obras de engenharia necessárias para construir um laboratório/infraestrutura similar, mas desconsidere o custo do terreno)?

- o Até R$ 500 mil
- o Acima de R$ 500 mil até R$ 1 milhão
- o Acima de R$ 1 milhão até R$ 3 milhões
- o Acima de R$ 3 milhões até R$ 5 milhões
- o Acima de R$ 5 milhões até R$ 10 milhões
- o Acima de R$ 10 milhões até R$ 20 milhões
- o Acima de R$ 20 milhões até R$ 30 milhões
- o Acima de R$ 30 milhões até R$ 50 milhões
- o Acima de R$ 50 milhões
- o Não sei

11. Como você avalia as condições de pesquisa (equipamentos, manutenção, atualização tecnológica etc.) do laboratório/infraestrutura?

- **o Ótimo**
- o Bom
- o Regular
- o Ruim
- o Péssimo

12. Quais os principais gargalos ou melhorias necessárias nesse laboratório/infraestrutura? (assinale no máximo **dois**)

- ☐ Equipamentos obsoletos / necessidade de novos equipamentos
- ☐ Falhas de manutenção de equipamentos e instalações
- ☐ Falta de (ou dificuldade de acesso a) insumos de pesquisa, reagentes, materiais de consumo para pesquisa
- ☐ Escassez de pesquisadores qualificados
- ☐ Falta de pessoal de suporte técnico
- ☐ Infraestrutura de suporte da instituição (redes de dados, energia etc.)
- ☐ Dificuldades administrativas e legais para operacionalização dos projetos
- ☐ Infraestrutura pública no entorno do laboratório (segurança pública, vias de acesso, transporte etc.)
- ☐ Outro _____

13. O laboratório já deixou de realizar algum projeto de pesquisa relevante, nos últimos anos, em função desses gargalos?

- o Sim
- o Não

13.1. Se sim, algum dos projetos que não puderam ser realizados eram demandas da Petrobras?
o Sim
o Não
Parte 2 – Sobre a execução de projetos de P&D com a Petrobras e/ou com outras empresas do setor de petróleo (com base na cláusula de P&D da ANP)
14. Na sua avaliação, de modo geral, o projeto de pesquisa (ou os projetos) desenvolvido com a Petrobras ou outra empresa do setor alcançou os resultados desejados pela empresa?
o Sim
o Não
o Não sei
14.1. Se sim, quais foram, na sua opinião, os principais resultados do projeto (ou dos projetos) para a empresa? (cite no máximo **dois** que você considera mais relevantes)
☐ Melhorou a qualidade dos bens ou serviços
☐ Ampliou a gama de bens ou serviços ofertados
☐ Ampliou a participação da empresa no mercado ou abriu novos mercados
☐ Aumentou a capacidade de produção
☐ Reduziu os custos de produção e/ou com mão de obra
☐ Reduziu o consumo de matérias-primas
☐ Reduziu o consumo de energia ou água
☐ Permitiu reduzir o impacto sobre o meio ambiente
☐ Permitiu melhorar a saúde e segurança no trabalho
☐ Enquadramento em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo
☐ Outro _____
15. Como você avalia a gestão dos projetos de P&D pela empresa?
o Ótimo
o Bom
o Regular
o Ruim
o Péssimo
16. A empresa realizou alguma avaliação e *x post* sobre os resultados alcançados pelo projeto (ou pelos projetos)?
o Sim
o Não
o Não sei
17. Na sua opinião, quais as principais dificuldades na execução de projetos de P&D da Petrobras ou baseados no regulamento de P&D da ANP.

☐	Falta de informação sobre as tecnologias envolvidas no projeto
☐	Riscos excessivos do projeto
☐	Altos custos do projeto (ou recursos insuficientes da empresa)
☐	Falta de pessoal qualificado
☐	Escassez de serviços técnicos externos necessários à execução do projeto
☐	Dificuldades de comunicação/interlocução com a empresa
☐	Atrasos na aprovação, execução ou no repasse financeiro da empresa
☐	Dificuldades administrativas e operacionais para execução do projeto
☐	Dificuldades na prestação de contas
☐	Adequação aos padrões e normas técnicos requeridos pela empresa
☐	Intervenção excessiva da empresa ou da ANP em detalhes técnicos do projeto
☐	Pouca cooperação com outras instituições ou empresas
☐	Outra _____
Parte 3 – Sobre *spin-offs* geradas a partir dos projetos de P&D com a Petrobras ou outras empresas do setor de petróleo (com base no regulamento de P&D da ANP)	
18.	Nos últimos 10 anos, os projetos de pesquisa desenvolvidos com a Petrobras ou outras empresas do setor de Petróleo (com base na cláusula de P&D da ANP) deram (ou estão dando) origem a *spin-off*s (novas empresas que nascem a partir da pesquisa, com o objetivo de explorar um novo produto ou serviço de alta tecnologia)**?**
o	Sim (vai para a questão 19)
o	Não (vai para a questão 18.1 e finaliza o questionário)
o	Não sei (finaliza o questionário)
18.1. Se não, quais seriam as causas para o não surgimento de nenhuma *spin-off*? (marque as **dua**s consideradas mais relevantes**)**	
☐	Nenhuma tecnologia com potencial para gerar um novo negócio foi desenvolvida
☐	Já existem outros concorrentes no mercado com tecnologia similar
☐	Falta de mercado/demanda para a tecnologia desenvolvida
☐	Custo muito alto do novo produto/processo
☐	Escassez de financiamento para um novo negócio
☐	Dificuldades de se abrir uma empresa no Brasil
☐	Riscos elevados (inclusive insegurança jurídica)
☐	Falta de pessoal qualificado
☐	Dificuldades tecnológicas de passar da bancada do laboratório para a produção em escala (tecnologia não escalável)
☐	Dificuldades de adequar a nova empresa às regulamentações ou normas técnicas do setor
☐	Restrições da instituição de pesquisa onde foi desenvolvido o projeto
☐	Outra_____

[***As próximas questões deveriam ser respondidas apenas por aqueles que responderam SIM à questão 18***]	
19. Quantas *spin-offs* nasceram a partir desses projetos**?**	
o 1	
o 2	
o De 3 a 5	
o De 6 a 10	
o Mais de 10	
19.1. Se disponível, cite o CNPJ da principal *spin-off* gerada em decorrência dos projetos com a Petrobras ou outras empresas do setor de petróleo	
_____	
20. Em que fase/etapa do ciclo de vida essas empresas estão e qual o número de empresas em cada etapa?	
Fase	Número de empresas
Fase 1. Curiosidade	
Fase 2. Ideação	
Fase 3. Scale up (escalonamento)	
Fase 3. Scale up (escalonamento)	
Fase 4. Tração	
Fase 5. Já em operação	
21. Marque quais são os principais fatores que possibilitam o surgimento de empresas *spin-offs* a partir dos projetos de P&D desenvolvidos em parceria com a empresa (escolha apenas **duas** mais relevantes)	
☐ O desenvolvimento de uma tecnologia com potencial de gerar um novo negócio	
☐ Ausência de tecnologias similares no mercado	
☐ Boas perspectivas de demanda/mercado	
☐ Baixos custos do novo produto/tecnologia	
☐ Um bom modelo de negócios	
☐ Conhecimento técnico acumulado pelos pesquisadores envolvidos nos projetos	
☐ Facilidade para encontrar pessoal qualificado	
☐ Baixos riscos	
☐ Facilidades de escalonamento das novas tecnologias	
☐ Suporte/apoio da instituição de pesquisa onde foi desenvolvido o projeto	
☐ Outro _____	
22. Quais as principais fontes de inspiração para as *spin-offs* criadas a partir dos projetos de P&D desenvolvidos em parceria com as empresas do setor de Petróleo? (marque apenas as duas mais relevantes)	
☐ Foi uma ideia totalmente original	
☐ Referências ou experiências de outros mercados	

	☐ Referências ou experiências brasileiras
	☐ Demanda da empresa
	☐ Outra _____
23.	Quais dessas tecnologias emergentes estão sendo utilizadas nas soluções de produtos ou processos desenvolvidas pelas *spin-offs*? (assinale quantas forem necessárias)
	☐ Analytics / Big Data
	☐ Inteligência Artificial
	☐ Internet das Coisas
	☐ Blockchain
	☐ Realidade Virtual
	☐ Biotecnologia
	☐ AR (Realidade Aumentada)
	☐ Nanotecnologia
	☐ Nenhuma das anteriores
	☐ Outra _____
24.	Quais os principais clientes dessas *spin-offs*?
	☐ Empresas (B2B)
	o Empresas petrolíferas
	o Fornecedores de equipamentos
	o Fornecedores de serviços (oil services companies)
	o Subfornecedores
	☐ Empresas e Consumidor (B2B2C)
	☐ Consumidor Final (B2C)
	☐ Consumidor Final (P2P)
	☐ Governo (B2G)
	☐ Startups (B2S)
	☐ Petrobras e/ou outras empresas do setor de petróleo
25.	Quais são os principais resultados da atuação dessas *spin-offs* junto aos seus clientes? (marque os **dois** mais relevantes)
	☐ Inovação em produtos ou serviços
	☐ Simplificação ou melhoria de processos
	☐ Redução de custos
	☐ Aumento de produtividade
	☐ Economia de tempo
	☐ Alcance de novos mercados
	☐ Aumento de receita
	☐ Nenhuma das alternativas anteriores
	☐ Outro _____

26.	Quais as principais fontes de financiamento utilizadas por essas *spin-offs*? (marque apenas as **duas** principais)
☐	Reservas pessoais dos sócios
☐	Investimentos anjo
☐	Subvenção econômica (editais Finep, SEBRAE, FAPESP ou assemelhados)
☐	Aceleradoras
☐	Venture Capital
☐	Financiamento bancário (inclusive BNDES)
☐	Sem investimento
☐	Bootstrapping
☐	Crowdsourcing
☐	Outra _____
27.	Qual os principais desafios encontrados por essas *spin-offs*? (marque as **duas** mais relevantes)
☐	Engajamento do consumidor
☐	Marketing
☐	Precificação e receita
☐	Funding
☐	Tecnologia
☐	Operações
☐	Retenção de clientes
☐	Experiência do cliente
☐	Expansão internacional
☐	Pessoal qualificado
☐	Outros

5

Redes de Pesquisadores Fomentados Pelas Maiores Petroleiras do Mundo

João Alberto De Negri
Ludmilla Lorrany Mattos silva
Rafael Lima de Morais
Patrick Franco Alves

Introdução

A prospecção tecnológica ganhou maior relevância e centralidade no debate de inovação tecnológica na última década em diversas áreas do conhecimento e em especial nas pesquisas realizadas pela indústria do petróleo. A tendência mundial na prospecção tecnológica é adaptar métodos para cada situação particular e combinar instrumentos qualitativos e quantitativos. A Petrobras pode usar alguns destes métodos ou a combinação deles. Não existe um método melhor do que o outro, mas aquele mais adaptado à realidade da empresa e da especificidade tecnológica.

Na indústria de petróleo as grandes petroleiras mundiais têm centros de desenvolvimento e recursos para apoiar a ciência, seus pesquisadores e os pesquisadores vinculados às universidades e institutos de pesquisa. Além

dos desafios científicos que a exploração de petróleo impulsiona, há busca de conhecimento que suporte o desenvolvimento de outras tecnologias.

Este estudo foi desenhado para atingir três objetivos: (i) comparar a produção científica dos pesquisadores financiados pela Petrobras com a produção científica dos pesquisadores financiados pelas principais petroleiras mundiais; (ii) comparar a produção científica fomentada pelas maiores petroleiras mundiais com a produção científica mais citadas no mundo e (iii) identificar a rede de autores, *Journals* e temas da produção científica fomentada pelas maiores petroleiras. Para atingir estes objetivos foi escolhido a base de dados da *WoS*. Foram usados indicadores bibliométrios e técnicas de visualização.

A hipótese principal é de que os pesquisadores financiados pela Petrobras pesquisam nas principais áreas científicas mundiais e que estas áreas científicas são similares às áreas pesquisadas pelos cientistas financiados pelas maiores petroleiras do mundo.

Foi avaliada a produção de artigos em inglês durante 10 anos, no período 2010-2020. Os dados são comparados com os 20 mil artigos em inglês mais citados no período 2015-2020. A fonte de dados é a Web of Science (*WoS*).

5.1 Prospecção Tecnológica de Cientistas nas Redes de Pesquisa

Grande fluxo de informação, novos instrumentos capazes de estruturar as informações disponíveis, equipes focadas em conhecimentos específicos e novos métodos de visualização reduzem o tempo de tomada de decisão explicam o aumento de ações sistemáticas de identificação redes de pesquisa e pesquisadores. Identificar os cientistas e suas redes de pesquisa é chave. O Brasil não tem acompanhado esta tendência no ritmo que poderia e deveria. De Negri e De Negri (2016) realizaram um amplo estudo comparando com informações sobre prospecção tecnológica obtidas no Brasil e nos Estados Unidos a partir de um roteiro estruturado de perguntas para empresas e cientistas. Estes autores entrevistaram 21 *Chief Executive Officeres* (CEO) de grandes empresas e de *startups* de base tecnológica e dezenas de cientistas.

A tendência mundial na prospecção tecnológica é adaptar métodos para cada situação particular e combinar instrumentos qualitativos e quantitativos. A Petrobras pode usar alguns destes métodos ou a combinação deles. Não existe um método melhor do que o outro, mas aquele mais adaptado à realidade da empresa e da especificidade tecnológica. O foco de grande parte das

empresas que procuram fazer prospecção tecnológica é encontrar a melhor alocação de recursos para suas atividades criativas, de pesquisa e desenvolvimento, este também é um foco da Petrobras. Assim, a demanda por aplicação dessas técnicas depende do tempo, amplitude e especificidade tecnológica. Para a Petrobras, no caso da indústria de petróleo, uma rota adequada é o estudo bibliométrico, mas é preciso compreender que há diversos outros métodos com resultados muito distintos.

Coates *et al.* (2001) e Firat, Woon e Madinick (2008), argumentam que os métodos de prospecção tecnológica são classificados em nove famílias:

1. **Opinião de especialistas**: método Delphi, *focus groups*, painéis, *workshops*, entrevistas, técnicas participativas;
2. **Análise de tendências**: extrapolação de tendências (ajuste da curva de crescimento), análise de tendências de impactos, *precursor analysis, long wave analysis*;
3. **Métodos de monitoramento e inteligência**: monitoramento, varredura ambiental, observação tecnológica, bibliometria, pesquisa de perfil; análise de patentes, *text mining*;
4. **Métodos estatísticos**: análise de correlação, demografia, análise de impactos cruzados, análise de risco, bibliometria, pesquisa de perfil; análise de patentes, *text mining*;
5. **Modelagem e simulação**: *agent modeling*, análise de impactos cruzados, análise da sustentabilidade, análise de ciclo de vida, modelos causais, modelagem difusa, *complex adaptive system modeling* (CAS), simulação de sistemas, dinâmica de sistemas, substituição tecnológica, simulação de cenários, jogos, cenários interativos, modelagem de base econômica, análise de *inputs e outputs*, avaliação tecnológica;
6. **Cenários**: cenários com verificações de consistência, gestão de cenário, simulação de cenários, jogos, cenários interativos, *field anomaly relaxation method* (FAR);
7. **Valoração/decisão/métodos econômicos**: árvores de relevância, *futures wheel*, análise de ações, análise de custo benefício, análise de decisão, *utility analyses*, modelagem de base econômica, análise de *inputs e outputs*;
8. **Descritivos e métodos matriciais**: analogias; *backcasting*, lista de verificação para identificação de impactos, modelagem de inovação de sistemas, análise Institucional, *mitigation analysis*, análise morfológica, *roadmapping, product-technology rodmapping*, avaliação de impacto social, avalição de perspectivas múltiplas, análise organizacional, análise de requisitos, análise de necessidade; e

9. **Criatividade**: *brainstorming, brainwriting, nominal group process* (NGP), oficinas de criatividade, *future workshops*, geração de visão, análise de ficção científica.

Steler *et al.* (2015), propõe procedimento que une as técnicas de elaboração de cenários com a bibliometria. Uma categoria de procedimentos usados em prospecção tecnológica que tem adquirido relevância são os métodos de *data mining, text mining*, cientometria e bibliometria. Cientometria e bibliometria são funções que têm como princípios a contagem de publicações e citações, sendo geralmente utilizados para medir produtividade científica e identificar redes de cooperação na ciência e tecnologia. Os princípios são empregados na prospecção tecnológica, em conjunto com sistemas computacionais de *data e text mining*, pois permitem garimpar informações estratégicas em grandes bancos de dados. No caso da Petrobras circunscrever um banco de dados específico é um passo necessário. Uma rota científica que pode ser seguida é identificar o que as grandes petroleiras mundiais estão fomentando e partir daí comparar com o que a Petrobras fomenta e quais as redes de pesquisa e pesquisadores associados a esta produção científica.

Data mining é o processo de descobrir novas correlações, padrões e tendências significativas garimpando em grandes bases de dados e utilizando ferramentas de reconhecimento de padrões, assim como técnicas estatísticas e matemáticas. Essas técnicas geram melhores resultados quando associadas com opiniões de especialistas na interpretação dos resultados. Utilizando a combinação de tecnologia da informação, análise estatística, técnicas de modelagem e tecnologia de base de dados, o *data mining* identifica relações e padrões entre os dados e infere regras que permitem predizer resultados futuros.

O *text mining*, ao mesmo tempo em que pode extrair informações importantes de um texto, pode também identificar padrões de interesse, filtrar o conhecimento necessário e dá suporte à identificação de padrões tecnológicos aplicados à prospecção tecnológica na área de petróleo. Associados a esses procedimentos, diversos *softwares* foram desenvolvidos, a exemplo do *Dataview e Datalist* (*Centre de Recherche Retrospective de Marseille*), e que permitem o tratamento estatístico de qualquer conjunto de informações obtidas em bases de dados bibliográficas. Essas e outras ferramentas objetivam tratar grandes quantidades de informação e auxiliam no processo de transformação da informação em inteligência. As análises resultantes podem gerar conhecimentos sobre uma tecnologia emergente. Em especial quem está fazendo o quê; tendências em publicações, patentes, citações e outros. Podem ser também utilizadas para fazer o *benchmark* de uma tecnologia, identificar

concorrentes e suas competências ou localizar especialistas em determinados tópicos associados à indústria petrolífera.

Diversos procedimentos usados para a prospecção tecnológica também foram aplicados mais intensamente em análise de patentes, mas há um esforço que também é realizado nas informações de publicações científicas. As publicações em artigos científicos e as patentes são uma fonte importante de prospecção tecnológica. As atividades científicas se refletem nas atividades de P&D que dão origem a esses registros de propriedade. Assim, podem ser identificadas tecnologias pela análise dos padrões de pedidos de patentes em determinadas áreas do conhecimento e domínios tecnológicos que os cientistas estão publicando seus estudos. Embora os resultados sejam, muitas vezes, apresentados de forma quantificada, sua utilização no processo decisório é baseada em uma avaliação qualitativa.

A estrutura de informações das patentes tem sido uma fonte mundialmente utilizada e tornou-se uma fonte particularmente relevante de informação, já que a maioria dos dados e das informações publicadas nas patentes não é divulgada em outros lugares. Associando-se essa fonte com o procedimento da cientometria, pesquisadores no mundo todo têm obtido bons resultados na prospecção tecnológica. A cientometria tem como foco encontrar ferramentas que identifiquem as áreas da ciência que podem ser exploradas comercialmente. As principais ferramentas da cientometria são derivadas da bibliometria, através de medidas relacionadas à publicação de trabalhos científicos. Normalmente, o trabalho é feito com base na opinião de especialistas, havendo poucos métodos objetivos ou quantitativos para complementá-lo. A Tabela 5.1 sintetiza os principais métodos disponíveis na literatura e que são utilizados pelas empresas em geral e pelas petroleiras em particular.

De Negri e De Negri (2016) identificaram que mais de 50% das empresas no Brasil realizavam atividades de prospecção de forma sistemática, mas com periodicidade indefinida ou superior a um ano. Essa prospecção é realizada, na grande maioria dos casos, com equipe interna, sem contar com empresas especializadas e universidades brasileiras ou estrangeiras. Todos os entrevistados no Brasil conheciam de alguma forma os métodos mais utilizados no mundo para prospecção tecnológica e argumentaram que em algum momento já tiveram acesso a esses métodos. Técnicas como painel de especialistas, bibliometria e análise de patentes foram recorrentemente citadas. No entanto, nenhum método estruturado de análise de dados foi identificado, tampouco a combinação desses instrumentos dentro de um processo de planejamento.

Tabela 5.1 Síntese dos métodos de prospecção tecnológica disponíveis na literatura

Tipo de metodologia	Métodos específicos
Análise de tendências	• Regressão • Curvas S • Equações de *Lotka-Volterra*
Opinião de especialistas	• *Delphi* • *Web Delphi* • Painel de especialistas • Tecnologias críticas • *Surveys* • Avaliação individual • Comitês, seminários, conferências e workshops
Cenários	• *Godet e La Prospective* • *GBN* • *SWOT*
Métodos computacionais e ferramentas analíticas	• Modelagem • Simulação • Análises multicritérios • *Data mining, text mining*, cientometria e bibliometria
Criatividade	• Análise morfológica • Análise de impacto • *Brainstorming* • *Focus group* • Metáforas e analogias • Ficção científica

Fonte: Porter *et al.* (1991); Skumanich e Silbernagel (1997); Coates *et al.*(2001) e Gordon *et al.* (2003), Firat, Woon e Madinick (2008).

Além disso, os autores identificaram que a grande maioria das empresas entrevistadas que fazem prospecção tecnológica utilizando painel de especialistas, bibliometria e análise de patentes recorre aos seus funcionários para ler e acompanhar o que está sendo produzido no mundo. A forte dependência da rede de contato dos funcionários, oriunda da experiência prévia e da participação em feiras e eventos chamou a atenção na pesquisa realizada por De Negri e De Negri (2016). Por um lado, é evidente que as capacitações acumuladas na empresa ao longo do tempo são determinantes do sucesso empresarial, por outro, processos mais endógenos podem comprometer a visão de futuro e de oportunidades da empresa.

Nenhum método quantitativo com cruzamento de modernas tecnologias de mineração, cenário, bibliometria e análise de patentes tem sido visto de forma sistemática nas etapas que antecedem o planejamento estratégico e na gestão do portfólio de P&D nas empresas brasileiras. Mais comum do que a prospecção tecnológica é a prospecção de novos negócios, geralmente a cargo de uma unidade de novos negócios. Essas unidades, no caso de empresas que atuam em setores maduros, parece ser a sua grande fonte de inovação.

O desenvolvimento de atividades específicas, em parceria com outras instituições, para prospectar empresas de base tecnológica e *startups* no Brasil com a finalidade de realizar parcerias futuras também são poucas. Esse tipo de prospecção é menos comum, embora tenham sido utilizadas nos casos de aquisição de empresas no exterior a fim de incorporar tecnologia.

A Tabela 5.2 sintetiza a intensidade de uso dos principais métodos de prospecção tecnológica pelas empresas brasileiras, enquanto a Tabela 5.3 exibe as vantagens e desvantagens de cada método e a Tabela 5.4 apresenta as principais bases de dados utilizadas para a prospecção tecnológica.

Tabela 5.2 Prospecção tecnológica em empresas brasileiras

Tipo de metodologia	Método/prática	Muito utilizado	Pouco utilizado	Não utilizado
Opinião de especialistas	Consulta informal e não sistemática a pesquisadores	X		
	Rede informal de contatos dos profissionais da empresa	X		
	Rede formal de pesquisadores externos		X	
	Existência de um comitê ou conselho científico	X		
	Eventos, conferências, feiras etc.	X		
	Consulta sistemática a clientes e/ou fornecedores		X	
	Vínculo com pesquisadores e universidades no exterior		X	
	Intercâmbio de profissionais		X	
Métodos computacionais e ferramentas analíticas	Monitoramento e análise de patentes		X	
	Monitoramento e análise de publicações científicas		X	
	Data mining/Big data			X
	Outros métodos computacionais			X
Criatividade				X
Análise de tendências				X
Cenários			X	
Outras práticas	Mapeamento/prospecção de instituições científicas		X	
	Mapeamento/prospecção de novos talentos			X
	Contratação de pessoal especializado em prospecção		X	
	Grupo ou equipe dentro da empresa responsável por atividades de prospecção		X	
	Prospecção de novos negócios e monitoramento da concorrência		X	

Fonte: De Negri e De Negri (2016).

Tabela 5.3 Vantagens e desvantagens de metodologias de prospecção segundo empresas brasileiras e americanas

Tipo de metodologia	Vantagens	Desvantagens
Análise de tendências: • Regressão • Curvas S • Equações de *Lotka-Volterra*	• Fornece previsões substanciais, baseadas em parâmetros quantificáveis. • É significativa para previsões em curto prazo.	• Requer dados históricos consistentes e coletados ao longo de um período razoável de tempo. • Só funciona para parâmetros quantificáveis. • É vulnerável a mudanças bruscas e descontinuidades. • Pode ser imprecisa quando se faz projeções em longo prazo.
Opinião de Especialistas: • Delphi • *Web Delphi* • Painel de especialistas • Tecnologias críticas • *Surveys* • Avaliação individual • Comitês, seminários, conferências e *workshops*	• Permite a identificação de muitos modelos e percepções internalizados pelos especialistas que os tornam explícitos. • Permite que a intuição encontre espaço na prospecção. • Incorpora à prospecção aqueles que realmente entendem da área que está sendo prospectada.	• Muitas vezes é difícil identificar os especialistas. • Em alguns casos, as projeções podem ser erradas ou preconceituosas. • Às vezes as opiniões são ambíguas e divergentes entre especialistas da mesma área.
Cenários: • *Godet* e *La Prospective* • GBN • SWOT	• Apresentam retratos ricos e complexos dos futuros possíveis. • Incorporam uma grande variedade de informações qualitativas e quantitativas produzidas através de outros métodos de prospecção. • Normalmente incorporam elementos que permitem ao decisor definir a ação.	• Algumas vezes é mais fantasia do que prospecção, quando se identifica o futuro desejado sem considerar as restrições e barreiras que têm que ser ultrapassadas para chegar até lá.
Métodos Computacionais e Ferramentas analíticas: • Modelagem • Simulação • Análises Multicritérios • *Data mining, text mining,* cientometria e bibliometria	• Os modelos podem simplificar o comportamento de sistemas complexos pela mera separação de aspectos importantes dos detalhes desnecessários. • Alguns sistemas oferecem possiblidade de incorporação do julgamento humano. • Fornecem excelentes percepções e análises sobre o comportamento de sistemas complexos. • Possibilitam o tratamento analítico de grandes quantidades de dados.	• Técnicas sofisticadas podem camuflar falsos pressupostos e apresentar resultados de má qualidade. • Alguns modelos e simulações contêm pressupostos essenciais que devem ser testados para verificar sua aplicabilidade ao estudo. • Todos os modelos requerem adaptações antes de serem usados e devem ser validados. • O sucesso na previsão de um comportamento histórico não garante a previsão bem sucedida do futuro. • As fontes de dados usadas em data e *text mining* devem ter certo grau de padronização para que a análise não induza a erros.
Criatividade: • Análise morfológica • Análise de impacto • *Brainstorming* • *Focus group* • Metáforas e analogias • Ficção científica	• Aumenta a habilidade de visualizar futuros alternativos. • Diminui as visões preconcebidas dos problemas ou situações. • Encoraja a criação de um novo padrão de percepção. • É excelente para ser usado no início do processo.	• O coordenador ou líder do grupo deve ter capacidade de condução do processo para evitar descaminhos. • Se mal conduzido, pode leva à futurologia e descrédito do processo.

Fonte: De Negri e De Negri (2016).

Tabela 5.4 Fontes de dados utilizadas em prospecção tecnológica

Nome	Cobertura	Busca
Applied Science e Tecnology	1983-presente. Quase 400 periódicos em ciência e tecnologia. Foco na graduação	Nome completo ou inicial dos autores
Compendex	1884-presente. Base de dados setorial: engenharia civil, aeroespacial, ciência dos materiais, química, engenharia elétrica e ciência da computação. Contém *Engineering Citation Index* da Elsevier.	Nome completo dos autores ou por inicial dos nomes
INSPEC	1898-presente. Computação eletrônica, biomédica, engenharia oceânica e elétrica, física, geografia, astronomia, acústica.	Nome completo dos autores ou por inicial dos nomes
Metadex	1966-presente. Cobertura internacional da literatura publicada sobre a ciência e tecnologia dos metais. Processos aplicados e materiais teóricos	Frases e/ou autores por nomes e iniciais
EMA (*Engineered Materials Abstracts*)	1986-presente. Ciência de polímeros, cerâmica e materiais compósitos. Artigos, anais de congressos e patentes mais recentes.	Frases e/ou autores por nomes e iniciais
EEA (*Earthquake Engineering*)	1971-presente. Abrange a literatura engenharia sísmica. Incluem relatórios selecionados técnicos, livros, documentos de conferências e artigos de jornal.	Frases e/ou autores por nomes e iniciais
PubMed	1953-presente. MEDLINE e bancos de dados de genética [National Library of Medicine].	Termos de assunto
SciFinder Scholars	1907-presente. Artigos e patentes em química, engenharia química e ciência dos materiais.	*Software* para cliente.
Web of Science	1900-presente. Índices de mais de 6.000 principais revistas científicas. Plataforma que dá acesso às bases de propriedade da *Tomsom&Reuters* e ao *Science Citation Index*	Pesquisar por autor, palavras-chave, organização e referência citada
Dissertations & Theses	1861-presente. Comunidade Europeia – Dissertações – gratuito para *download*	Busca por orientador, assunto, autor, universidade. Apenas dissertações europeias.
Google Scholar	Pesquisas rápidas de material acadêmico	Cobertura restrita. Sem classificação por anos
Knovel Library	Mais de 1.200 livros de referência essenciais e bancos de dados de mais de 30 editores	Mesas interativas de dados em alguns manuais. Busca por palavra-chave ou por título, autor ou assunto.
EngNetBase	Mais de 1.000 manuais em biomédicos, ambiental, elétrica, comunicações, nanotecnologia, materiais, engenharia civil, mecânica e oceano.	Pesquisa avançada é mais precisa
Springer e-books	Mais de 20.000 livros em matemática, ciência, engenharia, medicina, economia.	Opção *MyCopy*
Safari Books Online	Mais de 1.400 textos completo *on-line* e livros eletrônicos (O'Reilly)	Lvros por categoria por título, autor, palavras-chave, código
Synthesis Digital Library of Engineering and Computer Science	Mais de 250 títulos.	Palestras em elétrica, biomedicina, engenharia em geral e das telecomunicações.
AccessEngineering	210 McGraw-Hill *handbooks*.	
Scopus	Editor de periódicos científicos.	Acesso a publicações integrais, busca por assunto, palavra chave etc.
PATSTAT	Base de dados que reúne os depósitos de patentes dos maiores escritórios mundiais, entre eles o USPTO (USA) e o EPO (Europa).	Busca por depositante, inventor, por código IPC, palavra-chave etc.

Fonte: *Science e Engineering Library* e De Negri e De Negri (2016).

5.2 Redes de Pesquisa e Bibliometria na Indústria de Petróleo

Há diferentes abordagens qualitativas e quantitativas de revisão da literatura para compreender e organizar a produção científica e sua capacidade de apoiar o desenvolvimento de novos produtos e processos em diversos segmentos industriais. Na indústria de petróleo as grandes petroleiras mundiais têm centros de desenvolvimento e recursos para apoiar a ciência, seus pesquisadores e pesquisadores vinculados às universidades e institutos de pesquisa. Além dos desafios científicos que a exploração de petróleo impulsiona, há busca de conhecimento que suporte o desenvolvimento de outras tecnologias. No período recente, por exemplo, o apoio às tecnologias vinculadas à produção de energias renováveis que tem ocasionado mudanças no fomento à ciência que as petroleiras realizam no mundo. Como identificar as principais tendências do fomento à ciência das maiores petroleiras no mundo? Quais os grandes centros de pesquisa, os principais pesquisadores e as áreas de pesquisa? Estas sempre foram perguntas relevantes, mas no período atual, com as profundas transformações científicas e tecnológicas, as perguntas sobre o desenvolvimento científico impulsionado pelas petroleiras no mundo se tornaram especialmente mais importantes.

Um caminho para responder estas perguntas é a análise de bibliografia, a bibliometria, talvez os procedimentos de análise bibliométricas sejam os mais eficazes para encontrar respostas neste caso. Com este instrumento é possível produzir um processo de revisão sistemática e reproduzível com a capacidade mapear cientistas e suas atividades científicas em instituições de pesquisa e principalmente identificar as principais redes de pesquisadores. Os instrumentos de análise bibliométrica ganharam relevância nos últimos anos. Dados sobre a produção científica, *softwares* e a experiência de pesquisadores e empresas tornou possível associar métodos estatísticos ao mapeamento da produção de ciência no mundo. As atividades bibliométricas que já são consideradas um campo de conhecimento específico podem auxiliar no planejamento das atividades de P&D das empresas e instituições em diversos setores.

O uso de técnicas bibliométricas para mapear a produção científica e identificar redes de pesquisadoras tem sido cada vez mais importante mundialmente porque, em especial, o número de publicações acadêmicas está aumentando em ritmo acelerado. A disponibilidade de grandes bancos de dados e as tecnologias de informação, por um lado, permitem a publicação de artigos científicos empíricos em uma velocidade cada maior. Por outro

lado, os registros administrativos que compõe inúmeros bancos de sobre publicações em periódicos científicos, apresentações em congressos, livros e diversos outros meios científicos tornam viável acompanhar tudo o que está sendo publicado ou mesmo qualificar rapidamente a produção científica das revistas acadêmicas e de outros meios científicos.

Para Briner e Denyer (2012) a ênfase em contribuições empíricas resultou na produção de grande volume de pesquisa, mas também fragmentou os achados científicos em diversas áreas de pesquisas. As técnicas bibliométricas não substituem o trabalho minucioso do pesquisador de revisar a literatura e de buscar os melhores trabalhos acadêmicos. Mas a capacidade de acumular conhecimento e coletar evidências de forma ativa pode ser auxiliada por meio de processos de trabalhos sistemáticos de pesquisa em artigos científicos que foram publicados.

Deve ser ressaltado que muito das decisões sobre linhas de pesquisa, ou até mesmo de pesquisas individuais, que são tomadas por grandes centros de pesquisa ou por indivíduos específicos tem como base as evidências de suas trajetórias de pesquisa ou na formação acadêmica de pesquisadores e gestores. A ciência tem se tornado cada vez mais multidisciplinar e novas linhas de pesquisas surgem, pois respostas são buscadas a partir de perguntas que anteriormente não eram realizadas. Por vezes as decisões sobre o que e como pesquisar pode ser melhorado com um conjunto maior de informações e métodos apropriados. Isto implica melhorar a disponibilidade de informações de forma rigorosa procurando o que é relevante para a pesquisa científica e ampliando a extensão e o alcance do debate sobre ciência dentro das instituições. As revisões sistemáticas realizadas com métodos e instrumentos são eficientes e eficazes para o entendimento daquilo que já é conhecido e do que os indivíduos e instituições não conhecem sobre determinados tópicos de pesquisa da ciência.

Os métodos de revisão de literatura sistemática estão bem estabelecidos em muitos campos de pesquisa e são potencialmente de grande valor agregado para a gestão pesquisadores e profissionais da ciência. Briner *et al.* (2009) argumenta que a revisão sistemática é conduzida por um conjunto de princípios e por uma lógica orientadora, em vez de um protocolo único rígido e estreito. As revisões sistemáticas e sínteses de evidências de pesquisas têm o potencial de informar a prática de gestão, por tornar conhecidas as melhores evidências acadêmicas disponíveis. Além disso, ela pode ser integrada ao julgamento da experiência de acadêmicos e profissionais da ciência. Desta forma, serve para ajudar a melhorar a tomada de decisões sobre trajetórias científicas.

Rousseau (2012) argumenta sobre a necessidade que avançar as linhas de pesquisas bibliométricas que possam fornecer uma visão baseada em evidências. As análises nesta direção permitiriam melhorar o julgamento profissional e a experiência de grupos de pesquisa e de pesquisadores individuais. As revisões da literatura baseadas em procedimentos bibliométricos estão cada vez mais assumindo um papel crucial na síntese de resultados de pesquisas anteriores para mapear a base de conhecimento existente. Segundo este autor, a gestão baseada em evidências é uma evolução na prática da gestão. Isso implica incorporar o uso de princípios científicos nas decisões e processos de gestão, dar atenção sistemática aos fatos organizacionais, avançar no julgamento do profissional por meio de pensamento crítico e auxílios à decisão e permitem o uso mais completo das informações.

Há diferentes etapas que foram consolidadas na bibliometria no período recente. Guler, Waaijer e Palmblad (2016) argumentam que a análise bibliométrica envolve várias etapas que empregam inúmeras e diversas análises e ferramentas de *software* de mapeamento, que frequentemente estão disponíveis apenas sob licenças comerciais. Estes autores argumentavam na segunda metade da década de 2010 que o uso de fluxos de trabalho científicos em bibliometria ainda estava na sua infância. Os autores identificavam que inúmeros pacotes em R[1] para análise tinham sido lançados, variando de analisadores de dados simples, como o pacote *BibTeX* de autoria de Francois (2014) para leitura de arquivos *BibTeX* para bibliotecas ou coleções de funções para Cientometria e como o pacote *CITAN* desenvolvido por Gagolewski (2011). Os pacotes continham ferramentas para pré-processar dados de várias fontes, incluindo os dados da *Scopus* da *Elsevier* e uma variedade de métodos para estatísticas avançadas análise. O pacote do *igraph*, por exemplo, tem funções específicas para *cocitação* e *coupling*. *Clustering* e arranjos gráficos para palavras fortemente conectadas são possível com o *igraph*. Análises muito mais complexas podem ser projetadas com base em fluxos de trabalho bem definidos. Hornik (2014) mostra que o pacote R, *openNLP,* é um exemplo desses desenvolvimentos.

Na apresentação do pacote *Taverna*, Guler, Waaijer e Palmblad (2016) mostram como este *software* específico é uma ferramenta de importação automatizada de dados por meio de serviços da *Web*, extração de dados em *XML* por *XPaths* e análise estatística e visualização com R. É especialmente relevante a observação, no estudo que apresenta este pacote, de que as pre-

[1] R Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.orgRousseau

ferências individuais de idioma podem dominar ao comparar autores que trabalham na mesma área. Estes autores também demostraram que o viés geográfico entre duas revistas de Química Médica, uma europeia e outra publicado pela *American Chemical Society*, provavelmente tem mais a ver com fator de impacto e prestígio percebido do que a localização do autor. Isso porque os pesquisadores dos países europeus costumam ter alta classificação quando publicam em periódicos internacionais, ou seja, Dinamarca, Holanda, Suécia, Suíça e Reino Unido também têm maior preferência por publicar em periódico americano com fator de alto impacto. Na medida em que tais classificações são baseadas em fatores de impacto os resultados de uma análise bibliométrica pode ter um argumento circular, segundo os autores.

Briner e Denyer, (2012) alertam que poucos pesquisadores e profissionais são treinados em como revisar a literatura e identificar práticas baseadas em evidências e que por vezes o processo de análise é limitado para aqueles que não possuem habilidades gerais de programação. Para estes autores, revisões de evidências de pesquisas existentes têm o potencial de informar tanto a prática quanto o conhecimento acadêmico. Esta oportunidade não está sendo plenamente aproveitada nos estudos de gestão e organização devido às limitações dos métodos tradicionais de revisão. Isso porque há dificuldade de identificar claramente o que se sabe e o que não se sabe sobre um determinado tema. Para os profissionais, a revisão sistemática pode ajudar a abordar problemas gerenciais, produzindo uma base de conhecimento confiável por meio do acúmulo de descobertas de uma série de estudos. Para os estudiosos, a revisão sistemática pode aumentar o rigor metodológico, bem como destacar oportunidades para pesquisas futuras. As revisões sistemáticas segundo estes autores devem ser guiadas por um conjunto de princípios, e não por um protocolo específico, inflexível ou restrito.

Guler, Waaijer, Mohammed e Palmblad (2016) argumentam que já é possível encontrar diferentes processos automatizados e adequados para análises em várias etapas de uma análise de bibliografia usando diferentes tipos de ferramentas de *software*. Os fluxos de trabalho automatizados e o fluxo de dados abrangente e organizado começaram a surgir para bibliometria na última década.

Neste trabalho, utilizamos uma ferramenta única criada por Aria e Cuccurullo (2017) desenvolvida na linguagem R. Esta ferramenta propõe um fluxo de trabalho bibliométrico lógico e clássico. A ferramenta-R é uma linguagem e ambiente para computação estatística e gráficos. Matloff (2011). Ressalta que programação em R fornece uma grande variedade de

técnicas estatísticas e gráficas e é altamente extensível. Além de habilitar operações estatísticas, é uma linguagem de programação orientada a objetos e funcional. Por isso a programação foi automatizada para as análises da produção científica associada às empresas produtoras de petróleo no mundo e foram criadas novas funções. Isso é possível porque o R tem uma natureza de *software* aberto, o que significa que o *software* é bem suportado pela comunidade de usuários, e novas funções são produzidas com regularidade por usuários, muitos dos quais são estatísticos proeminentes. Como está programada em R, a ferramenta proposta é flexível, pode ser atualizada rapidamente e pode ser integrada a outros pacotes R estatísticos. Portanto, o procedimento aqui proposto é útil para diversos tipos de análise relacionados com a sistematização da produção científica.

5.2.1 Fluxo para mapeamento da produção científica fomentada pelas petroleiras

Técnicas de visualização tem um papel relevante no mapeamento da produção científica. As técnicas de visualização que podem ser usadas para mapear a estrutura de domínio sempre crescente das disciplinas científicas e para apoiar a recuperação e classificação de informações. Mas elas não definem todos os fluxos de trabalho necessário para uma razoável técnica bibliométrica. Börner, Chen e Boyack (2003) analisaram as técnicas emergentes de análise interativa de dados e visualização de informações no início da década de 2010 e descreveram a estrutura de um fluxo de trabalho para o mapeamento científico geral. Estes estores compararam os fluxos utilizados em ferramentas de *software*. Eles argumentam que o campo de pesquisa bibliométrica é dividido em algumas ilhas principais, algumas das quais estão isoladas, por exemplo, a visualização da informação e ilhas semânticas. Os autores acreditam que pesquisas destinadas a visualizar domínios de conhecimento podem se beneficiar ao incorporar descobertas de outros campos para melhorar a legibilidade e eficácia de visualizações de domínio. Também pode contribuir para o desenvolvimento da ciência em geral, exportando métodos e abordagens para identificar trabalhos relacionados por especialistas em pesquisas de relevantes áreas, avaliar a vitalidade da pesquisa e identificar frentes de pesquisa emergentes é uma tarefa constante.

Cobo, Lopez-Herrera, Herrera-Viedma e Herrera (2011) do *Department of Computer Science and Artificial Intelligence* da *University of Granada* fizeram uma singular análise das ferramentas de *software* de mapeamento científico.

Por definição, o mapeamento científico tem o objetivo de construir mapas bibliométricos. Estes mapas devem descrever como disciplinas específicas, domínios científicos, ou campos de pesquisa são conceitualmente, intelectualmente e socialmente estruturados. Há diferentes técnicas e ferramentas de *software* que são propostas para realizar o mapeamento científico análise. Os autores revisaram, analisaram, e compararam algumas ferramentas de *software*, levando em consideração aspectos de como as técnicas bibliométricas disponíveis e os diferentes tipos de análise. Eles analisaram especificamente nove ferramentas de *software* de mapeamento científico: *Bibexcel, CiteSpace II, CoPalRed, IN-SPIRE, Leydesdorff's Software, Network Ferramenta Workbench, Sci²Tool, VantagePoint* e *VOSViewer*.

Segundo estes autores as ferramentas de *software* apresentam características diferentes; para exemplo, alguns deles estão focados apenas na visualização e outros têm módulos de pré-processamento diferentes. Não há uma ferramenta de *software* que pode ser considerada a melhor. O estudo argumenta fortemente que na etapa de pré-processamento é muito importante e o analista deve usar uma ferramenta de *software* para ajudar a realizar esta tarefa. Para os autores as ferramentas de *software* são capazes de extrair informações de todas as redes bibliométricas. Sendo assim diferentes ferramentas podem ser usadas para analisar um campo de diferentes perspectivas intelectual, social ou conceitual.

Os *softwares* têm diferentes métodos de análise que permitem responder a diferentes perguntas. No entanto, as visualizações geralmente são muito diferentes. Desta forma, diferentes visualizações do podem ser geradas e a interpretação dos resultados pode ser distinta. Em uma análise mais detalhada, Cobo; Lopez-Herrera; Herrera-Viedma e Herrera (2011), por exemplo, argumentam que uma análise de *co-word* realizada pelas ferramentas de *software* de mapeamento científico *CoPalRed* pode ser complementada por *IN-SPIRE* quando são utilizados os termos extraídos dos resumos e títulos. O *IN-SPIRE* pode mostrar as mudanças conceituais ao longo do tempo usando suas ferramentas de tempo. Outras ferramentas como o *CiteSpace* e o *Sci²* poderiam realizar uma análise intelectual e social. O *CiteSpace* pode ser usado para uma análise de *cocitação* de documento e *Sci²* para uma análise de coautoria. A rede de autores resultante pode ser exibida em um mapa-múndi usando a geolocalização recursos do *Sci²*. O *VantagePoint* pode ser usado para construir um mapa de fatores em palavras-chave e mostrar a afiliação institucional relacionada. Apesar do estudo não incorporar todas as ferramentas de *software* de mapeamento científico disponíveis, a amostra dos autores revela que há características semelhantes entre eles que revelam similaridades entres os pacotes disponíveis.

Zupic e Cater (2015) propõe fluxo de trabalho padrão em cinco estágios: (i) Desenho do estudo; (ii) Coleta de dados; (iii) 3º Análise de dados; (iv) Visualização de dados; v. Interpretação. Seguindo estes passos em primeiro lugar, os pesquisadores devem definir as questões de pesquisa e escolher os métodos bibliométricos apropriados que são capazes de responder às questões. Em segundo lugar, os pesquisadores precisam selecionar o banco de dados que contém os dados bibliométricos, filtrar o conjunto de documentos básicos e exportar os dados do banco de dados selecionado. No terceiro, o *software* bibliométrico é empregado para análise. Alternativamente, os pesquisadores podem escrever seu próprio código de computador para realizar esta etapa. A análise pode ser posteriormente realizada com *software* estatístico para identificar subgrupos de documentos que representam especialidades de pesquisa. Quarto, os pesquisadores devem decidir qual método de visualização deve ser usado nos resultados da terceira etapa e empregar *software* apropriado para preparar a visualização. Finalmente, os resultados devem ser interpretados e descritos.

Os autores apresentam os métodos bibliométricos de análise citação, cocitação, acoplamento bibliográfico, coautor e copalavra e detalham um fluxo de trabalho para a realização de estudos bibliométricos. Este trabalho é especialmente relevante para a orientaçãos de pesquisadores, cientistas e instituições de pesquisa que desejam planejar e organizar o trabalho de pesquisa. O objetivo dos autores é desenvolver uma referência métodos bibliométricos para de gestão e organização de pesquisa. Os métodos introduzem uma medida de objetividade da avaliação da literatura científica e podem aumentar o rigor e mitigar o viés do pesquisador nas revisões da literatura científica.

O fluxo proposto por esses autores contribui com o método denominado de mapeamento científico, que usa métodos bibliométricos para examinar como disciplinas, campos, especialidades e artigos individuais estão relacionados entre si. Embora os métodos bibliométricos não sejam novos eles atraem a atenção generalizada com a proliferação de bancos de dados online facilmente acessíveis com dados de citação, como por exemplo, o banco da *Thomson Reuters Web of Science* (*WOS*), que contém o *Social Science Citation Index* (SSCI) e *SCI data*. O desenvolvimento de *software* para realização de análises bibliometricas facilita também o trabalho de pesquisadores. Para Boyack e Klavans (2014) mapeamento de ciência é uma combinação de classificação e visualização. Calero-Medina e van Leeuwen (2012) argumentam que os mapeamentos da ciência produzem uma representação espacial das descobertas análogo a mapas geográficos.

5.2.2 Avaliação das redes de cientistas por métodos bibliométricos

Os métodos bibliométricos são usados para a análise de desempenho que visa avaliar o desempenho de pesquisa e publicação de indivíduos e instituições e para o mapeamento científico que tem o objetivo de revelar a estrutura e dinâmica dos campos científicos. Cobo, López-Herrera, Herrera-Viedma e Herrera (2011) argumentam que esta informação sobre estrutura e desenvolvimento é útil quando o objetivo do pesquisador é revisar uma linha particular de pesquisa e em especial porque introduzem rigor quantitativo na avaliação subjetiva da literatura.

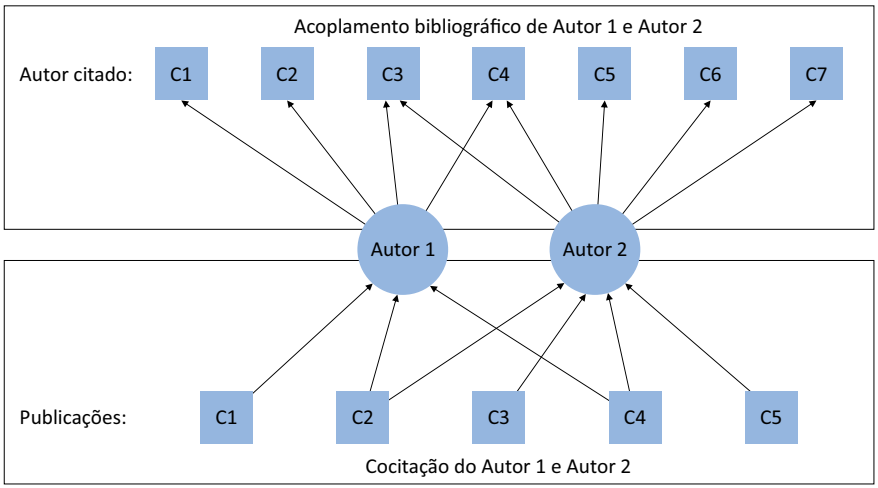
Zupic e Cater (2015) ressaltam que há os cinco métodos bibliométricos principais. Os métodos de análise de citação, cocitação e análise de acoplamento bibliográfico usam dados de citação para construir medidas de influência e similaridade. A análise de coautoria usa dados de coautores para medir a colaboração entre autores. A análise de copalavras encontra conexões entre conceitos que ocorrem simultaneamente em títulos de documentos, palavras-chave ou resumos.

O número de citações em determinado campo de pesquisa, geralmente na forma de uma lista com os estudos mais citados de autores ou mesmo de periódicos mais citados em determinada área científica são os estudos mais comuns encontrados na pesquisa biblliométrica. Número de citações são uma medida de influência, pois se um artigo é muito citado, ele tem uma influência maior. Os autores citam documentos que consideram importantes para o seu trabalho e desta forma a análise de citações pode fornecer informações sobre a influência relativa das publicações.

As redes de conexões acadêmicas são também um elemento especialmente relevante de análise bibliométrica. A capacidade de identificar redes de interconexões entre acadêmicos pode ser identificada na análise de cocitações. A cocitação conta para construir medidas de similaridade entre documentos, autores ou periódicos. A cocitação é definida como a frequência com que duas unidades são citadas juntas e se mais de dois itens são citados juntos, o mais provável é que seu conteúdo esteja relacionado. A cocitação conecta documentos, autores ou periódicos de acordo com a forma como os escritores os usam. Este é um princípio de agrupamento rigoroso executado repetidamente por especialistas no assunto que citam publicações que consideram valiosas e ou interessantes. A análise de cocitação de documentos conecta documentos publicados como artigos ou livros, por exemplo. A análise de cocitação do autor conecta os autores que os produziram . É comum encontrar a análise de cocitação de periódicos que visa identificar revistas científicas relacionadas.

A cocitação tem sido mais usada na análise bibliométrica. A ideia de acoplamento bibliográfico é, entretanto, mais antiga. O acoplamento bibliográfico usa o número de referências compartilhadas por dois documentos como uma medida de a semelhança entre eles. Quanto mais as bibliografias de dois artigos se sobrepõem, mais forte é sua conexão. A diferença entre a análise de cocitação e o acoplamento bibliográfico é apresentado visualmente na Gráfico 5.1. Nesta representação o autor 1 e Autor 2 estão bibliograficamente acoplados pelos autores C3 e C4. O autor 1 e autor 2 são cocitados pelas publicações P2 e P4

Gráfico 5.1 Representação de acoplamento e cocitação bibliográfica



Fonte: Elaboração própria.

Uma diferença especialmente relevante entre a análise de acoplamento bibliográfico e de cocitação está relacionada com o período de tempo analisado. O número de referências compartilhadas entre dos documentos é estático ao longo do tempo, pois o número de referências dentro do artigo é o mesmo. A análise de cocitação se desenvolve com padrões de citação ao longo do tempo.

Na ciência, as novas descobertas trazem novas perguntas. O acoplamento bibliográfico é mais bem realizado dentro de um limite período de tempo conforme argumenta Glaënzel e Thijs (2012). Uma conexão de acoplamento bibliográfico é estabelecida pelos autores dos artigos que estão sendo examinados. Quando dois documentos são altamente cocitados isso

significa que cada documento individual também é altamente citado individualmente. Isso indica que os documentos selecionados por meio de cocitação são considerados mais importantes pelos pesquisadores que os citam. A escolha de qual método empregar depende dos objetivos da análise. Para mapear uma corrente frente de pesquisa, acoplamento bibliográfico pode ser usado, enquanto para mapear artigos mais antigos, cocitação poderia ser uma escolha melhor segundo Small (1999). Boyack e Klavans (2010) relatam que o acoplamento na representação de uma frente de pesquisa é melhor do que uma análise de cocitação.

Há limitações na análise de citações, cocitação e acoplamento bibliográfico porque não é possível estabelecer o motivo pelo qual uma determinada publicação foi citada. As citações de uma mesma publicação podem ser feitas por muitos motivos diferentes. Métricas baseadas em citações podem ser tendenciosas devido à autocitação na forma de autocitação do autor no caso de citando publicações em que um é coautor ou autocitação de equipe de pesquisa, quando a citação de publicações é de autoria de um de seus colaboradores.

A análise do coautor pode, entretanto, examinar as redes sociais que os cientistas criam ao colaborar em artigos. Uma relação entre dois autores é estabelecida quando eles copublicam um artigo segundo Lu e Wolfram (2012). Publicações científicas em coautoria presume-se que seja uma medida de colaboração. A maior parte dos dados bibliográficos contêm informações sobre as afiliações institucionais dos autores e sua localização geográfica, a análise de coautor pode examinar as questões de colaboração no nível de instituições e países. A coautoria como medida de colaboração pressupõe que a autoria de uma publicação é sinônimo de ser responsável pelo trabalho realizado.

Um método para analisar o conteúdo de uma publicação é usar as palavras em documentos para estabelecer relações e construir uma estrutura conceitual do domínio. A análise de copalavras é baseada na ideia de que as palavras que frequentemente coocorrem em documentos tem significado e conceitos que relacionam publicações. Este é único método que usa o conteúdo real dos documentos para construir uma medida de similaridade. O mapa semântico ajuda a compreender a estrutura cognitiva das publicações segundo Borner, Chen e Boyack (2003). A análise de palavras pode ser aplicada a títulos de documentos, palavras-chave, resumos ou textos completos. Neste caso a unidade de análise é um conceito, não um documento, autor ou periódico. A Tabela 5.5 resume as técnicas bibliométricas mais comuns e suas unidades de análise.

Tabela 5.5 Técnicas bibliométricas por unidade de análise

Taxonomia técnica bibliométrica	Unidade de análise utilizada	Tipo de relação
Citação	• Autor • Documento • Periódico	• Referências diretas
Acoplamento Bibliográfico	• Autor • Documento • Periódico	• Referências comuns em obras de autores • Referências comuns em documentos • Referências comuns em obras de periódicos
Cocitação	• Autor • Referência • Periódico	• Autores co-citados • Documentos co-citados • Periódicos co-citados
Co-autoria	• Autor • País da afiliação • Instituição de afiliação	• Coocorrência de autores na lista de autores de um documento • Coocorrência de países na lista de endereços de um documento • Coocorrência de instituições na lista de endereços de um documento
Co-palavra	• Palavra-chave, ou termo extraído do título, resumo ou corpo do documento	• Coocorrência de termos em um documento

Fonte: Extraído de Aria e Cuccurullo (2017), adaptado de Cobo *et al.* (2011); Zupic e Cater (2015).

Para desenhar um estudo específico é necessário definir as questões de pesquisa e escolhem os métodos bibliométricos apropriados. Para este trabalho, no caso específico do mapeamento da produção científica financiada pelas petroleiras no mundo, é possível separar a produção científica que tem *funding* provenientes das maiores petroleiras mundiais e com isso identificar a base de conhecimento de um tópico ou campo de pesquisa e sua estrutura intelectual. Neste caso, o foco principal é examinar as frentes de pesquisas dos tópicos ou campos de pesquisa e produzir uma estrutura de rede social de uma comunidade científica particular.

Waltman (2016) ressalta que na etapa de desenho de um estudo bibliométrico específico a maioria dos pesquisadores constrói um banco de dados próprio. Para a construção de um banco de dados próprio, uma das escolhas mais significativas é o intervalo de tempo ou a decisão de dividir o intervalo de tempo em fatias de tempo. Isso porque qualquer à análise bibliométrica é realizada em um ponto específico no tempo para representar uma imagem estática do campo de pesquisas científica a naquele momento. Neste caso, durante a coleta de dados, os pesquisadores selecionam o banco de dados que contém os dados bibliométricos, filtram o conjunto de documentos básicos e exportam os dados do banco de dados selecionado. O autor fornecida uma visão geral da literatura sobre bancos de dados bibliográficos que podem ser usados para calcular indicadores

de impacto de citações em especial a partir das fontes da *Web of Science (WoS), Scopus e Google Scholar*. Estes são os três bancos de dados mais populares.

WoS é um banco de dados baseado em assinatura que compreende uma série de índices de citações. O *Science Citation Index Expanded,* o *Social Sciences Citation Index* e o *Arts & Humanities Citation Index* são os principais índices de citação e cobrem periódicos e séries de livros. Há também três outros índices que cobrem anais de conferências livros e de fontes de importância regional e em campos científicos emergentes. A Thomson Reuters é a proprietária do banco de dados. Diversos autores avaliaram este banco de dados como o Moed (2005), Larsen e Von Ins (2010), García-Pérez (2011) e Harzing (2013). Estes autores analisaram a base de dados da *WoS* sob diferentes ângulos e demonstraram a robustez do banco de dados para a análise bibliométrica.

O *Scopus* é também um banco de dados de assinatura. Esta base cobre publicações comerciais, séries de livros, anais de conferências e livros. *Scopus* é propriedade da *Elsevier* lançada em 2004. Segundo Waltman (2016) as características do banco de dados *Scopus* foram estudadas menos extensivamente, mas Franceschini *et al.* (2016), Kawashima e Tomizawa (2015) e Valderrama-Zurián *et al.* (2015) analisam a base de dados sob diversos ângulos. Wang e Waltman (2015) fizeram uma análise comparativa da precisão dos sistemas de classificação de periódicos de *WoS e Scopus*. Apesar dos estudos apontarem alguns problemas a hipótese de robustez dos bancos de dados é verificada.

A terceira base de dados de citação mais utilizada é a base do *Google Scholar* lançada em 2004. Este banco de dados indexa literatura acadêmica disponível online na web. Isso inclui não apenas publicações em periódicos e anais de conferências, mas também, por exemplo, livros, teses, pré-impressões e relatórios técnicos. O *Google Scholar* é de natureza diferente do *WoS e Scopus* por conta do seu mecanismo de busca de literatura acadêmica. O banco e fornece apenas metadados bibliográficos e a cobertura do *Google Scholar* não mostra uma lista disponível de fontes cobertas. Khabsa e Giles (2014) estima que o *Google Scholar* indexe cerca de 100 milhões de documentos em inglês, representando quase 87% de todos os documentos acadêmicos em inglês disponíveis na *web*. Orduna-Malea *et al.* (2015) estima que o número total de documentos indexados sem qualquer restrição de idioma, está entre 160 e 165 milhões.

Visser e Moed (2008) realizaram uma comparação entre a base de dados da *WoS* e da Scopus. Segundo este autores 97% de todas as publicações cobertas pelo *WoS* também foram cobertas pelo Scopus no ano de 2005. Os autores consideram a *WoS* um subconjunto perfeito do Scopus. A cobertura Scopus foi considerada mais ampla do que a cobertura *WoS*, especialmente no grupo de

assuntos produção científica ligado a área de saúde e menor grau no grupo de assuntos Engenharia e Eiência da Eomputação. No entanto alguns autores como López-Illescas *et al.* (2009) analisam que periódicos cobertos pela Scopus e não cobertos pelo *WoS* tendem a ter um baixo impacto de citação e tendem a ser mais orientados para o nacional. Apesar de estes autores encontrarem estas evidências em áreas científicas muito específicas, é importante ressaltar que incluir periódicos com estas características em uma análise de citações pode reduzir o impacto médio das citações de certos países e áreas científicas.

Waltman (2016) ressalta que os resultados relatados na literatura são um mistos em relação à sensibilidade das análises de citações e à escolha entre *WoS* e Scopus apara análises de bibliometria. Sintetizando a literatura que compara estas duas base de dados os autores citam que para análise no campo de estudos de informação, Meho e Sugimoto (2009) observam que no caso de periódicos, anais de conferências e instituições os resultados baseados em *WoS* e Scopus são consideravelmente diferentes, enquanto para análise de domínios de pesquisa e países os resultados obtidos são muito semelhantes.

Há estudos que comparam o *Google Scholar* ao *WoS* e ao Scopus. O *Google Scholar* se destaca por sua cobertura de anais de congressos e periódicos em língua não inglesa. Harzing e Alakangas (2016) analisam pesquisadores em cinco amplas disciplinas científicas e descobrem que o *Google Scholar* tem uma cobertura mais ampla do que *WoS* e Scopus. Kousha e Thelwall (2008) estudam as fontes de citações que são contadas pelo Google Scholar, mas não pelo *WoS*. Eles descobriram que 70% dessas citações se originam de fontes acadêmicas de texto completo disponíveis na web. Para Li *et al.* (2010). Calcularam indicadores de citações usando as três bases de e correlacionam com indicadores fornecidos por especialistas e concluíram que os três bancos de dados produziram resultados semelhantes.

5.3 Produção Científica Fomentada pela Petrobras e Grandes Petroleiras no Mundo

Este estudo foi desenhado para atingir três objetivos: (i) comparar a produção científica dos pesquisadores financiados pela Petrobras com a produção científica dos pesquisadores financiados pelas principais petroleiras mundiais; (ii) comparar a produção científica fomentada pelas maiores petroleiras

mundiais com a produção científica mais citadas no mundo e (iii) identificar a rede de autores, *Journals* e temas da produção científica fomentada pelas maiores petroleiras. Para atingir estes objetivos foi escolhido a base de dados da *WoS*. Foram usados indicadores bibliométrios e técnicas de visualização.

A hipótese principal é de que os pesquisadores financiados pela Petrobras pesquisam nas principais áreas científicas mundiais e que estas áreas científicas são similares às áreas pesquisadas pelos cientistas financiados pelas maiores petroleiras do mundo. Investiga-se também a hipótese de que é necessário ampliar a rede de pesquisa internacional da Petrobras em especial em novas áreas como energia renováveis e áreas da ciência fortemente influenciadas pelas técnicas de Inteligência Artificial. Ressalta-se a hipótese também de que as áreas científicas impulsionadas pelo fomento das principais petroleiras no mundo tem interface pequena com a publicação científica dos pesquisadores mais citados no mundo.

A coleta de dados foi realizado na *WoS* conforme sintaxe descrita na Tabela 5.6. De acordo com as características do objetivo e das hipóteses, foi avaliada a população de artigos científicos publicados na *WoS* que declararam terem recebido financiamento da Petrobras no período de 2010 a 2020. Neste mesmo período de tempo foram também selecionados para efeito de comparação os trabalhos que foram financiados pelas 10 maiores petroleiras mundiais, ou seja, Eni, CNOOC, Conocophilips, Statoil, Petrochina, China Petroleum, Exxon, Shell, Chevron e BP. Para efeito de comparação foram selecionados também os 20 mil artigos mais citados na *WoS* no período de 2015-2020. Os dados indicam que a Shell, Petrochina e a Petrobras são as três petroleiras que mais fomentaram artigos científicos em publicados inglês nos Journasl da *WoS*.

Na seleção dos artigos que receberam apoio financeiro da Petrobras e das maiores petroleiras mundiais houve intervenção direta dos autores do trabalho para exclusão de artigos que não relacionados diretamente com as petroleiras tendo em vista que nas palavras chaves eram encontrados homônimos perfeitos relacionados com os nomes das petroleiras. Estes artigos foram excluídos caso a caso. Os arquivos NAO_OS20mil.xlxs contem todos os dados que foram levados em consideração na análise dos artigos fomentados pelas maiores petroleiras mundiais e o arquivo OS20mil.xlxs contém todos os dados dos artigos mais citados.

Para a análise dos dados a programação em R foi adaptada do *software* Biblioshiny conforme endereço https://www.bibliometrix.org/Biblioshiny.html e procedimento library(bibliometrix).

Tabela 5.6 Sintaxe utilizada par a coleta de informações na *WoS*

# 11	2.104	(oo=eni or fo=eni) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 10	1.914	(oo=cnooc or fo=cnooc) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 9	68	(oo=conocophilips or fo=conocophilips) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 8	4.187	(oo=statoil or equinor) or fo=(statoil or equinor) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 7	5.705	(oo=PETROBRAS OR FO=PETROBRAS) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 6	4.247	(oo= (China petroleum or cnpc) OR FO=(China petroleum or cnpc)) AND IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 5	6.962	(oo=petrochina or fo=petrochina) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 4	681	(oo=exxon or fo=exxon) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 3	7.491	(oo=shell or fo=shell) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 2	3.653	(oo=chevron or fo=chevron) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*
# 1	4.801	(oo=(BP NOT Poddar NOT Koirala NOT Baria NOT Bhagwan) OR FO=(BP NOT Endure NOT PTNBH NOT Koirala NOT Poddar NOT Baria NOT Bhagwan)) *AND* IDIOMA: (English) *AND* TIPOS DE DOCUMENTO: (Article) *Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2010-2020*

Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

5.4 Cientistas, Artigos e Universidades Fomentadas Pelas Maiores Petroleiras Mundiais

O estudo analisou a produção científica de artigos em inglês, fomentada pelas maiores petroleiras mundiais durante 11 anos, no período 2010-2020. Os dados são comparados os 20 mil artigos em inglês mais citados no período 2015-2020. A fonte de dados é a *WoS*. Apesar do período de tempo ser diferente, o que interfere nos indicadores bibliométricos baseados em citações, esta comparação é razoável do ponto de vista da análise entre a produção científica mundial e a produção científica fomentada pelas principais petroleiras, em especial para identificar os principais Journals, redes de pesquisadores, universidades e temas de pesquisas entre estes dois grupos de publicações.

Os dados da *WoS* da Tabela 5.7 mostram que as 10 maiores petroleiras do mundo fomentaram 39.493 publicados em inglês em 3.761 *Journals* no perí-

odo analisado. No período de 11 anos, os artigos publicados têm em média 5,08 anos de tempo de publicação. Os artigos foram citados 17,14 vezes em média no período o que representou 2,43 vezes por ano. As referências bibliográficas destes artigos somaram 60.043 e os autores usaram 56.683 palavras chaves para caracterizar o conteúdo da publicação científica. As 10 maiores petroleiras do mundo fomentaram artigos que foram publicados por 113.240 autores. A maior parte destes autores publicou em coautoria com outros autores. Apenas 562 autores dos artigos analisados foram de autoria única e estes autores publicaram 793 artigos. Em média, cada artigo contou com 2,87 autores sendo 5,57 coautores por artigo com um índice de colaboração de 2,91.

Tabela 5.7 Características da produção de artigos científica fomentados pelas maiores petroleiras do mundo e dos 20 mil artigos científicos mais citados (2010-2020)

Variáveis	Artigos fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo	20 mil artigos mais citados no mundo
Período de tempo (anos)	2010:2020	2015:2020
Fontes (Journals) (N)	3.761	2.120
Artigos (N)	39.493	19.758
Anos médios de publicação (anos)	5,08	4,92
Média de citações por artigos	17,14	323,60
Média de citações por ano por artigos	2,43	59,48
Referências (N)	60.043	69.179
Palavras-Chaves(N)	56.683	41.757
Autores (N)	113.240	176.612
Autores de artigos de autoria única (N)	562	344
Autores de artigos de autoria múltipla (N)	112.678	176.268
Artigos de autoria única (N)	793	375
Artigos por autor	0,35	0,11
Autores por artigos	2,87	8,94
Coautores por artigos	5,57	13,90
Índice de colaboração	2,91	9,09

Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

A produção de artigos científicos fomentado pelas petroleiras no período 2010-2020 apresentam algumas diferenças significativas quando comparado com os 20 mil artigos científicos publicados em inglês e mais citados no período 2015-2020. Estes artigos foram publicados em 2.120 revistas científicas, um número menor de revistas científicas quando comparado com os locais aonde foram publicados os artigos apoiados pelas petroleiras. Apesar da similaridade dos anos médios de publicação entre os dois grupos analisados, a média de citação dos 20 mil artigos mais citados é significativamente superior. Em média, os 20 mil artigos mais citados na *WoS* foram citados 323,60 vezes

no período, o que representa 59,48 vezes por ano. O número de autores que publicaram os 20 mil artigos mais citados é de 176.268, superior ao número de autores dos artigos fomentados pelas petroleiras. Apenas 375 artigos tiveram autoria única, o número de autores por documentos foi de 8,94 e de coautores foi de 13,90, com um índice de colaboração de 9,09.

Tabela 5.8 Número de artigos científicos publicados fomentados pelas maiores petroleiras mundiais por ano (2010-2020)

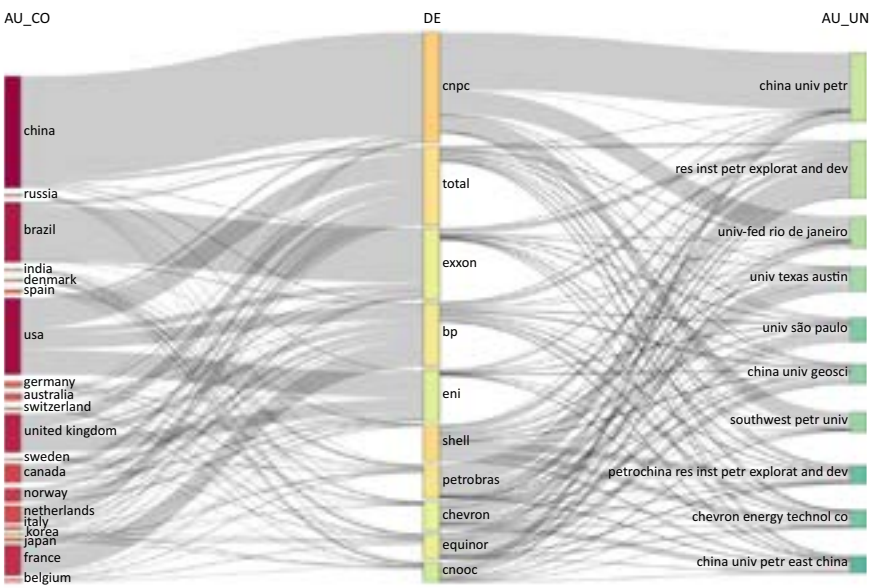
	Artigos fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo			20 mil artigos mais citados no mundo		
Ano da publicação	N	Número de citações *	Media de citação por ano	N	Número de citações **	Media de citação por ano
2010	2.007	40,46	3,68	-	-	-
2011	2.252	37,13	3,71	-	-	-
2012	2.577	35,67	3,96	-	-	-
2013	2.874	28,51	3,56	-	-	-
2014	3.240	23,54	3,36	-	-	-
2015	3.657	19,43	3,24	8.113	332,29	55,38
2016	4.082	16,13	3,23	5.584	313,40	62,68
2017	4.117	12,93	3,23	3.554	305,15	76,29
2018	4.551	8,82	2,94	1.704	302,29	100,76
2019	4.772	5,11	2,56	412	312,17	156,08
2020	5.248	1,41	1,41	391	561,52	561,52

Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores. * Período: 2010:2021, ** Período: 2015-2020.

Os indicadores da que comparam os dois grupos de artigos mostram que os artigos fomentados pelas petroleiras são publicados em um número maior de *Journals* com um índice de colaboração médio muito menor entre os autores. Seria esperado um impacto de citação menor no conjunto de artigos financiados pelas petroleiras, pois estas publicações estão sendo comparadas com os artigos mais citados no mundo. No entanto, a Tabela 5.8 mostra que a tendência de número de citações dos artigos fomentados pelas petroleiras reduz quanto mais recente é a publicação do artigo. Para os artigos mais citados, a média de citação é relativamente mais estável mais independente da idade de publicação do artigo. Isso pode demonstrar que o impacto médio dos artigos fomentados pelas petroleiras, quando mensurado pelas citações depende mais do tempo de publicação do que do conteúdo do artigo. Os artigos com mais novidades científicas tendem a ser mais citados independentes da idade de publicação.

O Gráfico 5.2 apresenta a ligação dos principais países de residência dos autores com as petroleiras e as universidades que estes autores estão vinculados. A primeira evidencia do gráfico é a liderança dos pesquisadores de origem chinesa. Esta tendência é observada em todas as áreas científicas no mundo e também foi observada nos artigos fomentados pelas maiores petroleiras mundiais. Os pesquisadores dos EUA fomentados pelas petroleiras também têm uma liderança científica especialmente importante na publicação de artigos em inglês na *WoS*. O Brasil aparece em destaque no gráfico, mas os pesquisadores brasileiros não estão em grande maioria vinculados à produção científica fomentada da Petrobras, como seria esperado. As maiores partes estão vinculadas à produção vinculada à Exxon. Provavelmente a visualização do gráfico representa as características de uma produção científica escrita em inglês e a declaração do fomento recebido pelas petroleiras em parcerias mundiais aonde estes autores não são os correspondentes principais. A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade de São Paulo (USP) aparecem como uma das instituições de pesquisas relevantes na produção científica.

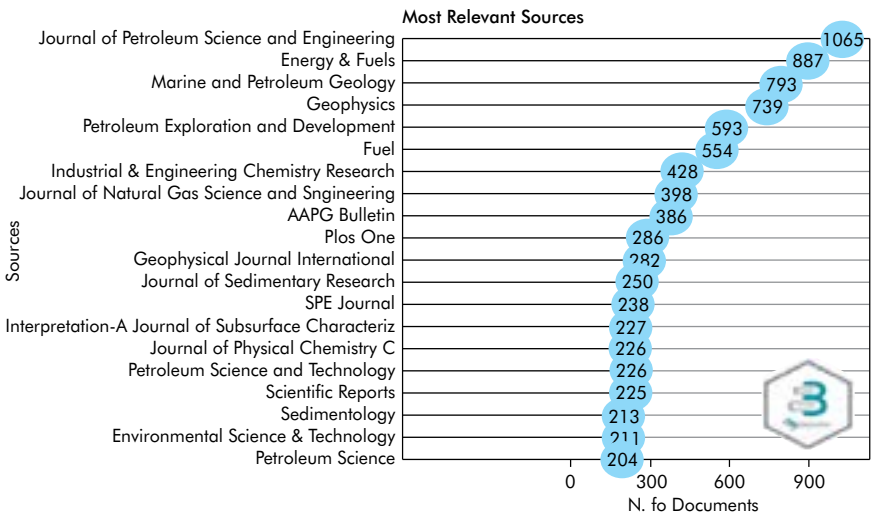
Gráfico 5.2 País de origem e universidade dos autores fomentados pelas maiores petroleiras mundiais (2010-2020)



Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores. Legenda: AU_CO = País de origem do autor, DE= Petroleira que fomentou, AU_UN = Universidade do autor.

O Gráfico 5.3 representa os principais *Journals* que são publicados os artigos científicos fomentados pelas maiores petroleiras mundiais. Observa-se que os artigos publicados são publicados em revisas científicas especializadas no debate sobre petróleo, combustíveis, geofísica, gás, engenharia, química, fluidos e outros assuntos relacionados à indústria de petróleo.

Gráfico 5.3 *Journals* mais relevantes dos artigos publicados fomentados pelas petroleiras (2010-2020)



Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

A Tabela 5.9 utiliza o conceito definido na Bradford's law. Foram utilizadas a primeira zona dos artigos para quantificar e identificar os *Journals* aonde foram publicados os artigos fomentados pelas petroleiras. Este número de artigos é usado para comparar com igual número de *Journals* aonde forma publicados os 20 mil artigos mais citados na *WoS*. A Bradford's law é um padrão clássico que argumenta por retornos exponencialmente decrescentes da busca por referências em periódicos científicos. Os periódicos são classificados por número de artigos publicados em três zonas, cada um com cerca de um terço de todos os artigos. Desta forma, o número de periódicos em cada zona de citação será proporcional. Isso significa que, para os artigos fomentados pelas petroleiras, basta identificar as publicações essenciais que estão na primeira zona, pois muito raramente os pesquisadores precisarão sair desse conjunto para obter igual conteúdo de análise.

Quando comparados os *Journals* mais relevantes aonde são publicados os artigos fomentados pelas maiores petroleiras mundiais, com o mesmo número de *Journals* essenciais dentre aonde são publicados os 20 mil artigos mais citados, a Tabela 5.9 mostra que nenhum *Journal* coincide entre os dois grupos. Isso mostra certa especialização da produção científica fomentada pelas maiores petroleiras que não é coincidente com os *Journals* aonde são publicados os artigos mais citados no mundo. A Tabela 5.9 indica também o que é essencial na rede de *Journals* aonde são publicados os artigos fomentados pelas petroleiras e dos *Journals* aonde são publicados os artigos mais citados.

Tabela 5.9 Revistas científicas mais relevantes das publicações fomentadas pelas petroleiras e dos 20 mil artigos mais citados no período (2010-2020)

Artigos fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo		20 mil artigos mais citados no mundo	
Fonte (Journal)	Artigos	Fonte (*Journal*)	Artigos
Journal of Petroleum Science and Engineering	1065	Nature	1012
Energy & Fuels	887	Science	791
Marine and Petroleum Geology	793	Advanced Materials	638
Geophysics	739	Nature Communications	638
Petroleum Exploration and Development	593	New England Journal of Medicine	573
Fuel	554	Journal of the American Chemical Society	543
Industrial & Engineering Chemistry Research	428	Cell	356
Journal of Natural Gas Science and Engineering	398	Angewandte Chemie-International Edition	344
Aapg bulletin	386	Lancet	339
Plos One	286	Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America	313
Geophysical Journal International	282	Acs Nano	296
Journal of Sedimentary Research	250	Nucleic Acids Research	230
Spe Journal	238	Advanced Functional Materials	222
Interpretation-a Journal of Subsurface Characterization	227	Nano Letters	220
Journal Of Physical Chemistry C	226	Energy & Environmental Science	199
Petroleum Science and Technology	226	Advanced Energy Materials	188
Scientific Reports	225	Journal of Clinical Oncology	188
Sedimentology	213	Physical Review Letters	183
Environmental Science & Technology	211	Acs Applied Materials & Interfaces	175
Petroleum Science	204	Jama-journal of the American Medical Association	170
Geophysical Prospecting	196	Nature Medicine	168
Rsc Advances	196	Lancet Oncology	165
Journal of Structural Geology	193	Nature Materials	162
Journal of Geophysical Research-Solid Earth	184	Nature Genetics	146

Tabela 5.9 Revistas científicas mais relevantes das publicações fomentadas pelas petroleiras e dos 20 mil artigos mais citados no período (2010-2020) (*Cont.*)

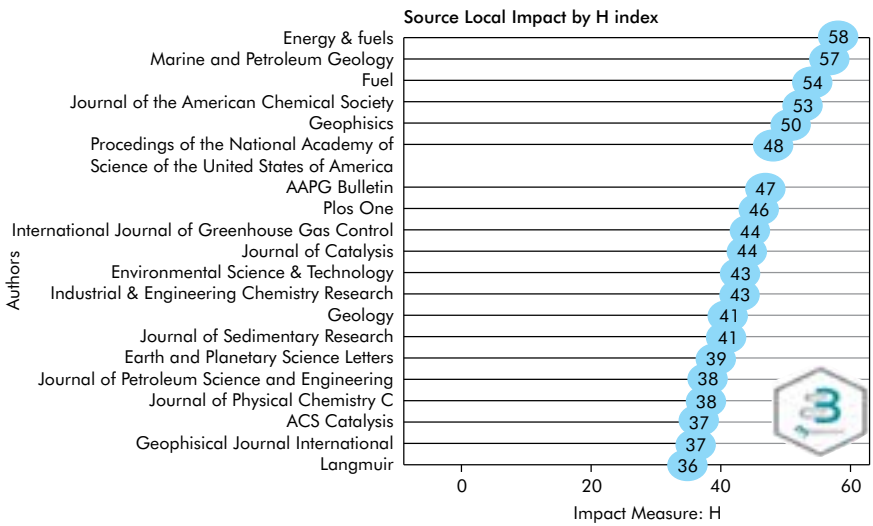
Artigos fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo		20 mil artigos mais citados no mundo	
Energies	179	Scientific Reports	140
Fluid Phase Equilibria	178	Applied Catalysis B-Environmental	128
Chemical Engineering Science	177	Nature Nanotechnology	126
Transport in Porous Media	172	Nano Energy	122
Langmuir	171	Journal of Materials Chemistry A	114
Marine Pollution bulletin	171	ACS Catalysis	109
International Journal of Greenhouse Gas Control	166	Nature Biotechnology	99
Computational Geosciences	162	Nature Energy	87
Tectonophysics	155	Circulation	85
Journal of Chemical and Engineering Data	152	Science Advances	85
Geology	151	Chemistry of Materials	78
Energy Exploration & Exploitation	148	Journal of the American College of Cardiology	78
Sedimentary Geology	146	Nature Methods	77
Journal of Catalysis	144	Nature Photonics	75
Organic Geochemistry	144	Gastroenterology	71
Acs catalysis	141	Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	71
Journal of Geophysics and Engineering	135	Science Translational Medicine	71
Zootaxa	135	Plos One	70
Basin reSearch	133	Nature Neuroscience	69
Earth and Planetary science Letters	133	European Heart Journal	68
Science of the Total Environment	132	Nature Physics	68
Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology	129	Immunity	63
Journal of the American Chemical Society	128	Chemical Communications	61
International Journal of Coal Geology	127	Astrophysical Journal	60
Journal of Asian Earth Sciences	126	Nature Reviews Disease Primers	60
Applied Geophysics	124	Cancer Cell	59

Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores. OBS: 50 fontes mais citadas que equivalem ao número de fontes da Zona 1 da Bradford's law dos artigos fomentados pelas petroleiras.

O *h-index* dos principais *Journals* é apresentado no Gráfico 5.4. O índice é aplicado para estimar a produtividade e impacto de um grupo de cientistas, um departamento, um país ou até mesmo uma revista científica. Portanto, este indicador, é também aplicado também para mensurar o impacto dos *Journals*. O índice h foi proposto em 2005 por Jorge E. Hirsch como uma ferramenta para determinar a qualidade relativa dos trabalhos. O Índice h é quantifica o impacto baseando-se nos artigos mais citados. O índice h é o número de artigos com

citações maiores ou iguais a esse número h. Um *Journal* com h = 5 tem 5 artigos que receberam 5 ou mais citações, por exemplo. O índice, neste caso específico, depende da amostra aonde são considerados os artigos fomentados pelas 10 maiores petroleiras mundiais no período de 2010-2020. Os *Journals* com maior índice h considerando os artigos fomentados pelas 10 maiores petroleiras mundiais são todos especializados em petróleo, energia, combustíveis, química e geofísica.

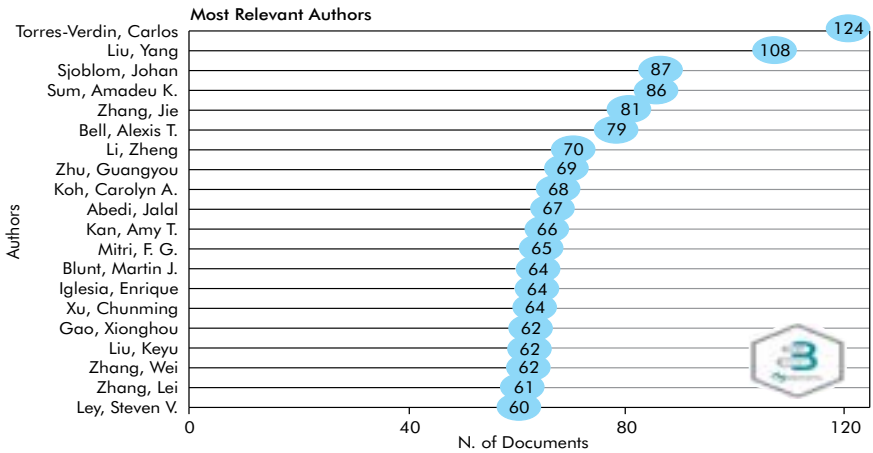
Gráfico 5.4 Revistas científicas com maior Índice h aonde são publicaram os artigos fomentados pelas maiores petroleiras mundiais (2010-2020)



Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

Os autores mais relevantes, os mais citados, que publicaram artigos científicos em inglês na *WoS* e foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras mundiais no período de 2010-2020 são apresentados no Gráfico 5.5. De acordo com os dados os 20 mais citados têm citações acima de 62 vezes. A análise dos nomes destes autores mostra alguma predominância de autores chineses, de acordo com a similaridade de taxonomias dos nomes próprios de origem predominantemente asiáticas. A China tem feito uma política de apoio científico aos seus pesquisadores no mundo todo que interagem de diferentes formas na academia mundial. Os dados corroboram com o êxito destas políticas e com a capacidade que as petroleiras de origem chinesa têm de fomentar pesquisadores e artigos científicos no mundo.

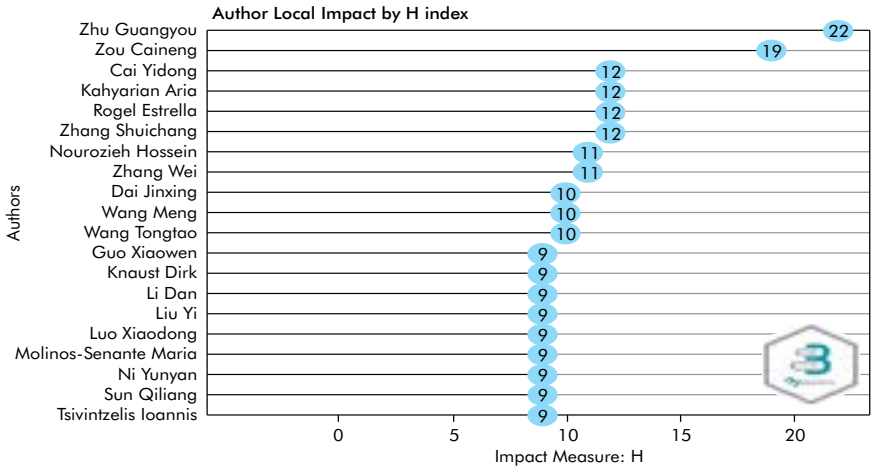
Gráfico 5.5 Autores mais relevantes que publicaram artigos científicos em inglês na *WoS* e foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras mundiais (2010-2020)



Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

O Gráfico 5.6 apresenta cientistas com maior Índice h e que são fomentados pelas maiores petroleiras mundiais no período 2010-2020. Semelhante aos autores com mais citações na *WoS* os autores com maior índica h na *WoS* são autores com a taxonomia do nome de origem asiática. Entre os 20 melhores posicionados no Índice h o menor índice é 9 e o maior índice é 22.

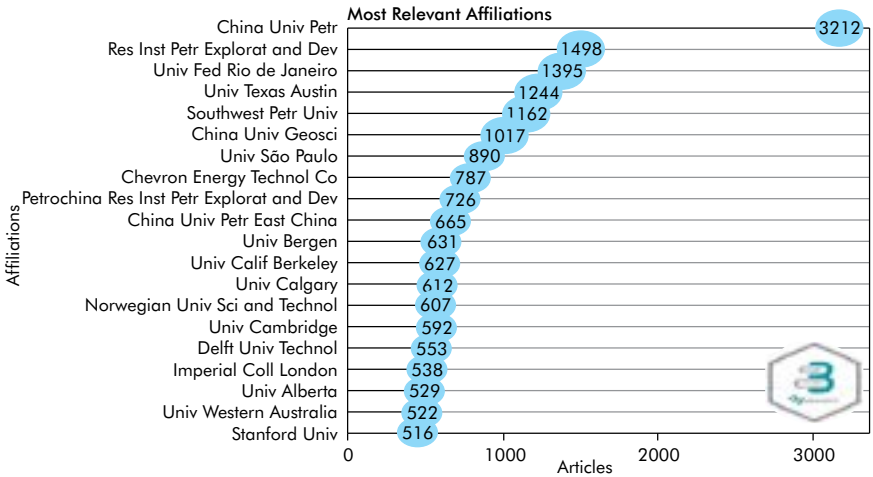
Gráfico 5.6 Cientistas com maior Índice h que são fomentados pelas maiores petroleiras mundiais (2010-2020)



Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

O Gráfico 5.7 apresenta as 20 universidades aonde estão afiliados os pesquisadores que foram fomentados pelas maiores petroleiras mundiais. Dentre estas 20 Universidades, estão presentes a Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Universidade de São Paulo. A predominância de universidades dos Estados Unidos e da China também é destaque.

Gráfico 5.7 Universidades mais relevantes aonde estão afiliados os pesquisadores fomentados pelas 10 maiores petroleiras mundiais (2010-2020)



Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

A Tabela 5.10 apresenta as 20 universidades mais relevantes dos autores de artigos fomentados pelas petroleiras e dos autores dos 20 mil artigos mais citados no mundo. Observa-se que não há nenhuma similaridade entre estes dois grupos de universidades. A Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Universidade de São Paulo estão no grupo das 20 universidades que estão afiliados os cientistas que mais publicaram artigos que foram financiados pelas petroleiras.

No caso das 20 principais universidades aonde estão afiliados os autores que que publicaram os 20 mil artigos mais citados, cabe destaque que a maioria das universidades é dos EUA. A liderança destas universidades nas publicações mundiais tem sido evidenciada pelos diversos autores que realizam estudos bibliométricos. É uma característica importante o fato de que as mais relevantes universidades de afiliação dos autores fomentados pelas petroleiras não figurar entre as mais relevantes universidades dos

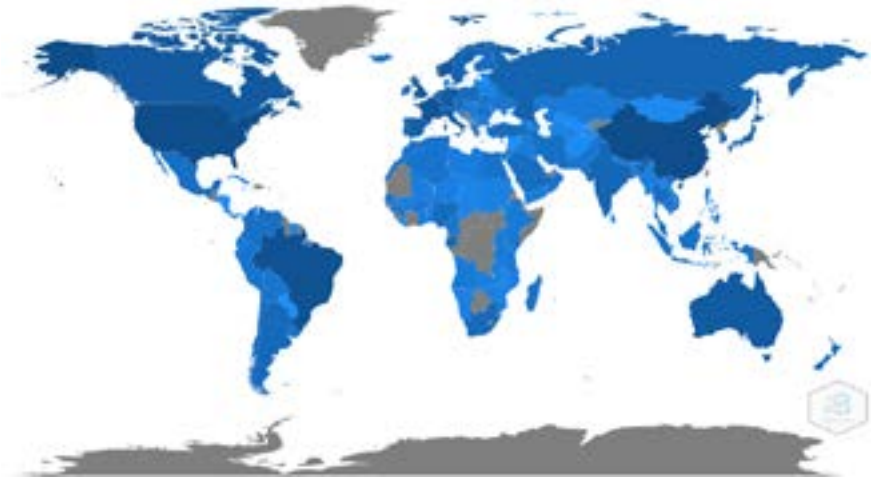
autores dos artigos científicos mais citados no mundo. No entanto, isso pode servir como uma diretriz de busca de conhecimento das grandes petroleiras em particular da Petrobras. A produção científica é multidisciplinar e integrar com redes de pesquisa das universidades mais relevantes do mundo é importante.

Tabela 5.10 Universidades mais relevantes dos autores de artigos fomentados pelas petroleiras e doa 20 mil artigos mais citados no mundo (2010-2020)

Universidades dos autores fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo (2010-2020)		Universidade dos autores dos 20 mil artigos mais citados no mundo (2015-2020)	
Universidade	**Artigos (N)**	**Universidade**	**Artigos (N)**
CHINA UNIV PETR	3212	HARVARD UNIV	1731
RES INST PETR EXPLORAT AND DEV	1498	STANFORD UNIV	1644
UNIV FED RIO DE JANEIRO	1395	UNIV WASHINGTON	1097
UNIV TEXAS AUSTIN	1244	UNIV TORONTO	1010
SOUTHWEST PETR UNIV	1162	UNIV CALIF BERKELEY	977
CHINA UNIV GEOSCI	1017	UNIV PENN	916
UNIV SAO PAULO	890	UNIV CALIF SAN FRANCISCO	870
CHEVRON ENERGY TECHNOL CO	787	UNIV CALIF SAN DIEGO	843
PETROCHINA RES INST PETR EXPLORAT	726	UNIV MICHIGAN	821
CHINA UNIV PETR EAST CHINA	665	UNIV CALIF LOS ANGELES	820
UNIV BERGEN	631	JOHNS HOPKINS UNIV	808
UNIV CALIF BERKELEY	627	COLUMBIA UNIV	801
UNIV CALGARY	612	MEM SLOAN KETTERING CANC CTR	769
NORWEGIAN UNIV SCI AND TECHNOL	607	UNIV OXFORD	759
UNIV CAMBRIDGE	592	HARVARD MED SCH	738
DELFT UNIV TECHNOL	553	UNIV CAMBRIDGE	682
IMPERIAL COLL LONDON	538	WASHINGTON UNIV	646
UNIV ALBERTA	529	UNIV TEXAS MD ANDERSON	637
UNIV WESTERN AUSTRALIA	522	YALE UNIV	636
STANFORD UNIV	516	NORTHWESTERN UNIV	628

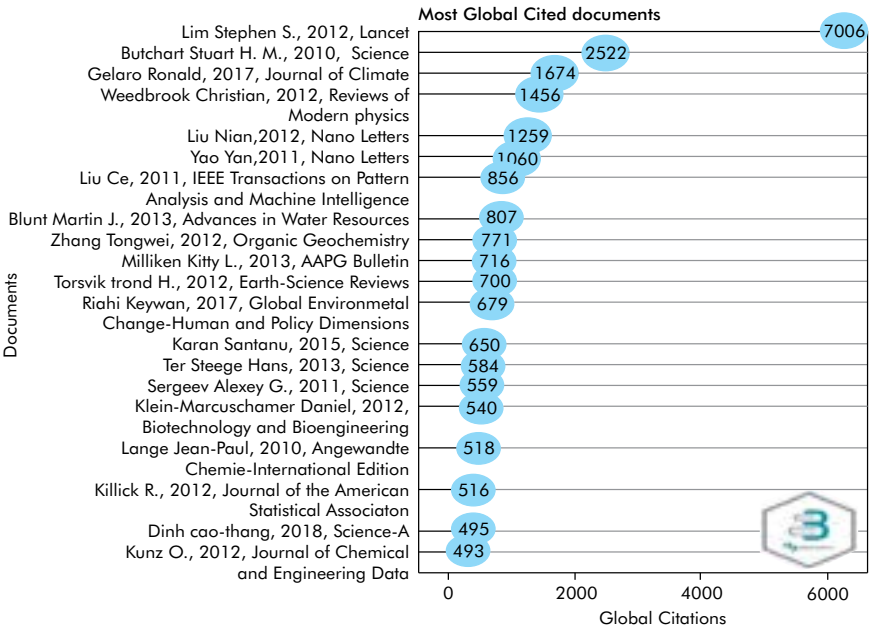
Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores

Gráfico 5.8 Mapa mundial da produção científica dos artigos fomentados pelas 10 maiores petroleiras (2010-2020)



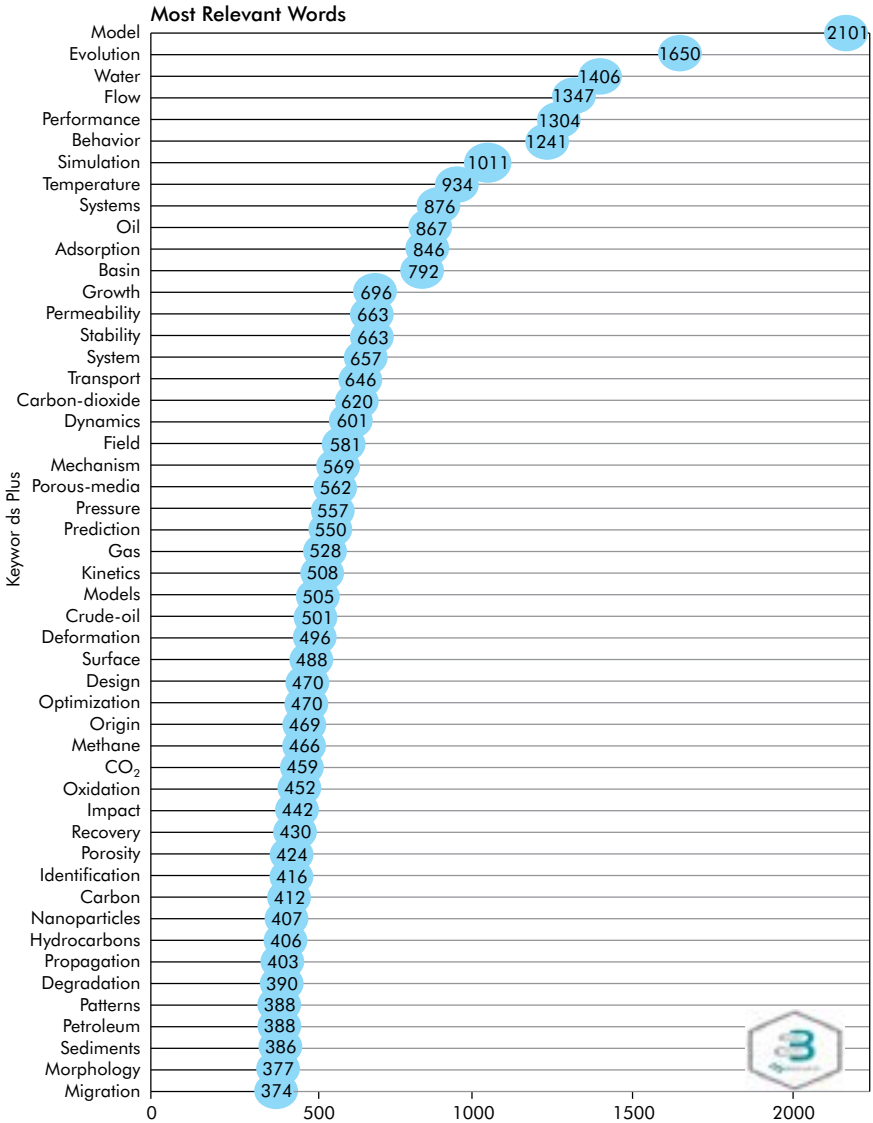
Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

Gráfico 5.9 Artigos mais citados que foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo (2010-2020)



Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

Gráfico 5.10 Número de palavras chaves mais citadas nos artigos que foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo (2010-2020)



Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

Os Gráficos 5.10 e 5.11 apresentam as 50 palavras-chaves mais citadas pelos cientistas fomentados pelas petroleiras para representar o conteúdo

dos artigos publicados nas revistas científicas. As palavras *model*, *evolution*, *water*, *flow*, *performance*, *behavior*, *simulation*, *temperature*, *systems*, *oil* demontram uma produção científica muito especializada na dinâmica da indústria de petróleo em especial na mecânica de fluidos e em modelos de simulação. O Gráfico 5.12 apresenta as palavras-chaves que representam o conteúdo dos 20 mil *papers* mais citados na *WoS*. Neste caso as palavras *performance*, *expression*, *nanoparticles*, *graphene*, *design*, *therapy*, câncer indicam que os segmentos de nanopartículas e outras áreas associadas a saúde tem relevância especialmente importante.

Gráfico 5.11 Palavras-chaves mais citadas nos artigos que foram fomentados pelas 10 maiores petroleiras no mundo (2010-2020)

Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

Gráfico 5.12 Palavras-chaves mais citadas nos 20 mil artigos mais citados na *WoS* (2015-2020)

Fonte: *WoS*. Elaboração dos autores.

Considerações Finais

Este estudo foi desenhado comparar a produção científica dos pesquisadores financiados pela Petrobras com a produção científica dos pesquisadores financiados pelas principais petroleiras mundiais. A produção destes cientistas foi também comparada com a produção científica mais citada no mundo. Foram identificadas as redes de autores, revistas científicas e temas da produção científica. Foi avaliada a produção artigos em inglês durante 11 anos, no período 2010-2020. Os dados são comparados com os 20 mil artigos em inglês mais citados no período 2015-2020. A fonte de dados é a Web of Science (*WoS*).

As 10 maiores petroleiras do mundo fomentaram 39.493 artigos publicados em inglês em 3.761 revistas científicas no período de 11 anos. Os artigos publicados têm em média 5,08 anos de tempo de publicação, foram citados 17,14 vezes em média no período, o que representou 2,43 vezes por ano. As referências bibliográficas destes artigos somaram 60.043 e os autores usaram 56.683 palavras chaves para caracterizar o conteúdo da publicação científica. As petroleiras fomentaram artigos que foram publicados por 113.240 autores. A maior parte destes autores publicou em coautoria com outros autores. Apenas 562 autores dos artigos analisados foram de autoria única e estes autores publicaram 793 artigos. Em média, cada artigo contou com 2,87 autores sendo 5,57 coautores por artigo com um índice de colaboração de 2,91.

A produção de artigos científicos fomentada pelas petroleiras no período 2010-2020 apresentam algumas diferenças significativas quando comparado com os 20 mil artigos científicos mais citados no período 2015-2020. Estes artigos foram publicados em 2.120 revistas científicas, um número menor de revistas científicas quando comparado com os locais aonde foram publicados os artigos apoiados pelas petroleiras. Apesar da similaridade dos anos médios de publicação entre os dois grupos analisados, a média de citação dos 20 mil artigos mais citados é significativamente superior. Em média eles foram citados 323,60 vezes no período, o que representa 59,48 vezes por ano. O número de autores que publicaram os 20 mil artigos mais citados é de 176.268, superior ao número de autores dos artigos fomentados pelas petroleiras. Apenas 375 artigos tiveram autoria única, o número de autores por documentos foi de 8,94 e de coautores foi de 13,90, com um índice de colaboração de 9,09.

O impacto médio dos artigos fomentados pelas petroleiras, quando mensurado pelas citações depende mais do tempo de publicação do que do conteúdo do artigo. Os artigos com mais novidades científicas tendem a ser mais citados independentes da idade de publicação.

Há liderança dos pesquisadores de origem chinesa. Esta tendência é observada em todas as áreas científicas no mundo e também foi observada nos artigos fomentados pelas maiores petroleiras mundiais. Os pesquisadores dos EUA fomentados pelas petroleiras também têm uma liderança científica especialmente importante na publicação de artigos em inglês na *WoS*.

Os artigos são publicados em revisas científicas especializadas no debate sobre petróleo, combustíveis, geofísica, gás, engenharia, química, fluidos e outros assuntos relacionados a indústria de petróleo. Quando são comparadas as revistas científicas mais relevantes dos artigos fomentados petroleiras, com o os *Journals* dos 20 mil artigos mais citados, os dados mostram certa especialização da produção científica fomentada pelas maiores petroleiras que não é coincidente com os *Journals* aonde são publicados os artigos mais citados no mundo. As revistas científicas com maior índice h são todos especializados em petróleo, energia, combustíveis, química e geofísica.

Dentre as 20 universidades mais relevantes nas quais estão afiliados os pesquisadores que foram fomentados pelas maiores petroleiras mundiais estão presentes a Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Universidade de São Paulo. A predominância de universidades dos Estados Unidos e da China.

Entre as 50 palavras-chaves mais citadas pelos cientistas fomentados pelas petroleiras para representar o conteúdo dos artigos publicados nas revistas científicas foram: *model*, *evolution*, *water*, *flow*, *performance*, *behavior*, *simulation*, *temperature*, *systems* e *oil*. Isso demonstra uma produção científica muito especializada na dinâmica da indústria de petróleo em especial na mecânica de fluidos e em modelos de simulação. As palavras-chaves não coincidem com as palavras chaves dos 20 mil artigos mais citados no mundo.

A coleta de dados foi realizado na *WoS* e está disponível para consultas de pesquisadores interessados em avaliar publicações científicas. No período de 2010 a 2020 foram considerados os artigos financiados pelas petrolerias, Petrobras, Eni, CNOOC, Conocophilips, Statoil, Petrochina, China Petroleum, Exxon, Shell, Chevron e BP. Foram selecionados também os 20 mil artigos mais citados na *WoS* no período de 2015-2020. Os dados indicam que a Shell, Petrochina e a Petrobras são as três petroleiras que mais fomentaram artigos científicos em publicados inglês na *WoS*. Para a análise dos dados a programação em R foi adaptada do *software* Biblioshiny conforme endereço https://www.bibliometrix.org/Biblioshiny.html e procedimento library(bibliometrix).

Referências

Börner, K.; Chen, C. e Boyack, K. W. (2003). Visualizing knowledge domains. Annual Review of Information Science and Technology, 37(1), 179-255.

Börner, K.; Chen, C.e Boyack, K. W. (2003). Visualizing knowledge domains. Annual Review of Information Science and Technology, 37(1), 179-255.

Briner, R. B. &e Denyer, D. (2012). Systematic review and evidence synthesis as a practice and scholarship tool. In Handbook of evidence-based management:Companies, classrooms and research. p. 112-129.

Briner, R. B. e Denyer, D. (2012). Systematic review and evidence synthesis as a practice and scholarship tool. In Handbook of evidence-based management:Companies, classrooms and research. p. 112-129.

Coates, Vary; Farooke, M.; Klavans, R.; *et al*. On the Future of Technological Forecasting and Social Change. Technological forecasting and social change, Nova York, n. 67, p.1-17, 2001.

Cobo, M. J., Lopez-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science Mapping *Software* Tools: Review, analysis, and cooperative studyamong tools. Journal of the American Society for Information Science and Technology.

Cobo, M. J.; López-Herrera, A. G.; Herrera-Viedma, E. e Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of aresearch field: a practical application to the fuzzy sets theory field. Journal of Informetrics, 5(1), 146-166.

Cobo, M. J.; López-Herrera, A. G.; Herrera-Viedma, E. e Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis *software* tool. Journal of the AmericanSociety for Information Science and Technology, 63(8), 1609-1630.

De Negri, F. e De Negri, J. A (2016) Melhores Praticas Empresarias para Inovar. Mimeo.

Firat, A. K.; Woon, W. L.; Madnick, S. Technological forecasting: a review. Cambridge:Massachusetts Institute of Technology, 2008.

Firat, Ayse Kaya; Woon, W. L.; Madnick, S. Composite Information systems laboratory. Technological forecasting, Massachusetts Institute of Technology, 2008.

Gagolewski, M. (2011). Bibliometric impact assessment with R and the CITAN package. Journal of Informetrics, 5(4), 678-692.

Glänzel, W. e Thijs, B. (2012). Using core documents for detecting and labelling new emerging topics. Scientometrics, 91(2), 399–416.http://dx.doi.org/10.1007/s11192-011-0591-7

Guler, A. T.; Waaijer, C. J. e Palmblad, M. (2016). Scientific workflows for bibliometrics. Scientometrics, 107(2), 385-398.

Guler, A. T.; Waaijer, C. J.; Mohammed, Y. e Palmblad, M. (2016). Automating bibliometric analyses using Taverna scientific workflows: A tutorial onintegrating Web Services. Journal of Informetrics, 10(3), 830-841.

Klavans, R. e Boyack, K. W. (2017). Which type of citation analysis generates the most accurate taxonomy of scientific and technical knowledge? Journalof the Association for Information Science and Technology, 68(4), 984-998.

Klavans, R. e Boyack, K. W. (2017). Which type of citation analysis generates the most accurate taxonomy of scientific and technical knowledge? Journalof the Association for Information Science and Technology, 68(4), 984-998.

Matloff, N. (2011). The art of R programming: A tour of statistical software design. No Starch Press.

Porter, A. *et al.* Forecasting and management of technology. New York: J.Wiley, 1991.

Porter, A. L. *et al.* Technology futures analysis: towards integration of the field and new methods. Technological Forecasting and Social Change, n. 49, 2004.

Porter, A. L.; Roper, T. A. Forecasting and management of technology. v. 18, 1991.

Rousseau, D. M. (Ed.). (2012). The Oxford handbook of evidence-based management. Oxford University Press.

Skumanich, M.; Silbernagel, M. Foresighting around the World. Seattle: Battelle Seattle Research Center, 1997.

Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. Journal of the Association forInformation Science and Technology, 24(4), 265-269.

Small, H. (2006). Tracking and predicting growth areas in science. Scientometrics, 68(3), 595-610.

Small, H. G., & Koenig, M. E. (1977). Journal clustering using a bibliographic coupling method. Information Processing & Management, 13(5), 277–288.

Small, H. e Upham, P. (2009). Citation structure of an emerging research area on the verge of application. Scientometrics, 79(2), 365375.

Waltman, L.; Van Eck, N. J. e Noyons, E. C. M. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. Journal of Informetrics, 4(4),629-635.

Zupic, I. e˘Cater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. Organizational Research Methods, 18(3), 429-472.

6

Gestão da Inovação no Setor de Petróleo: o Caso da Petrobras

Fernanda De Negri
Carlos Alexandre Ferreira Gama
Luciano Felipe de Carvalho Rodrigues

Introdução

A inovação tecnológica é um processo complexo cujo sucesso é muito difícil de prever *a priori* e, inclusive, de mensurar a posteriori. Os resultados da inovação são sujeitos a uma série de externalidades e riscos econômicos exógenos além dos riscos inerentes ao próprio processo de inovação. Decisões sobre quais projetos de inovação merecem mais investimentos, se esses projetos serão desenvolvidos internamente ou adquirido de ouras fontes, ou ainda qual a melhor maneira de incentivar os processos inovativos dentro da empresa são, portanto, extremamente difíceis. Essas decisões são objeto da literatura sobre gestão da inovação que abrange diferentes aspectos do processo de inovação. Entre eles, aspectos mais gerais relacionados à estrutura de incentivos ou à organização de equipes, além da seleção e avaliação do portfólio de P&D, que é talvez a parte mais relevante dessa gestão.

Nesse Capítulo, apresentamos uma revisão da literatura sobre a gestão da inovação e alguns exemplos de práticas de gestão adotadas pelas empresas do setor de petróleo no resto do mundo. Práticas como inovação aberta, fundos de *venture* capital (ou *corporate venture*) e técnicas utilizadas para a seleção e avaliação do portfólio de P&D em outras empresas são discutidas a fim de estabelecer exemplos e parâmetros e comparação para o caso da Petrobras. Com base nessa visão geral, a última seção descreve como evoluiu e se modernizou a gestão de P&D da Petrobras.

6.1 A Literatura sobre Gestão da Inovação e Avaliação de Projetos de P&D

Essa seção se divide em duas partes. A primeira aborda características e tendências gerais da gestão da inovação nas empresas e a segunda parte foca especificamente em como selecionar e avaliar os projetos de P&D que fazem parte do portfólio de pesquisa das empresas.

6.1.1 Gestão da inovação

De modo geral, a gestão da inovação diz respeito ao conjunto de procedimentos e técnicas utilizadas pelas empresas para gerenciar os seus processos internos de pesquisa e inovação de modo a alcançar seus objetivos de longo prazo. Segundo Dogson *et al.* (2013), as diferentes habilidades das organizações em obter benefícios da inovação dependem de quão bem gerido é esse processo. Nesse sentido, o grau pelo qual a organização se apropria dos resultados da inovação é tanto maior quanto melhor ela consegue gerenciar os riscos e as complexidades do processo de inovação. Isso é especialmente importante porque, em geral, os riscos, custos e prazos da inovação conflitam com os objetivos financeiros, com as rotinas operacionais e com o regime de incentivos existentes nas organizações, geralmente focados no curto prazo.

Segundo O'Connor (2008), são vários os elementos que compõe um sistema de gestão da inovação bem-sucedido (Figura 6.1). Em primeiro lugar, os mandatos e responsabilidades de cada indivíduo devem ser claramente especificados. Um sistema de avaliação com métricas claras, bem como um sistema de recompensas legitimado por todos, são cruciais para o comprometimento dos funcionários e colaboradores com os objetivos de inovação da empresa. A estrutura de governança e o papel da liderança, além da existência de um conjunto de processos e mecanismos para guiar as atividades

inovativas também são elementos fundamentais. Por fim, e talvez mais relevante, a empresa inovadora necessita deter recursos, humanos e técnicos, e competências para inovar. De nada adiantam processos e métodos claramente definidos se não há competências dentro da empresa para a realização da inovação.

Figura 6.1 Elementos de um sistema de gestão da inovação

Fonte: Adaptado de O'Connor *et al.* (2008).

Em linha com essa abordagem, Phillips (2014) ressalta, adicionalmente, algumas características organizacionais que podem fazer o processo de inovação, dentro das empresas, mais eficiente: cultura, liderança e o papel das equipes. Para o autor, tanto a cultura mais ampla do país quanto a organizacional moldam as motivações para inovar e o impacto das prescrições para o estímulo à inovação. O comportamento das lideranças, por sua vez, pode encorajar ou desencorajar a tomada de risco pelos colaboradores da empresa. Por fim, o autor também argumenta que diferentes estilos das equipes e modos pelas quais interagem pode ser um fator determinante do sucesso inovativo da empresa.

Nesse contexto, a gestão da inovação se ampara num amplo conjunto de procedimentos e métodos adotados pelas corporações com o intuito de maximizar o retorno obtido pelos recursos investidos em inovação. Esses procedimentos passam por diversos temas, tais como a política de propriedade intelectual; a gestão de recursos humanos e mecanismos de incentivos dentro da empresa; a existência de mecanismos para inovação aberta; além da gestão e avaliação de projetos e portfólio de P&D.

A gestão de recursos humanos diz respeito a como se organizam as competências técnicas e o capital humano dentro da empresa, tanto do ponto de vista da organização das equipes de P&D, do estabelecimento de mandatos e responsabilidades como à governança e ao papel desempenhado pelas lideranças no processo de inovação.

Zedtwitz, Friesike e Gassmann (2014) enumeram as diversas formas pelas quais as empresas podem organizar suas equipes de P&D. A inovação pode ser organizada com base nas áreas de conhecimento (*input-for-innovation*) ou com base em linhas de produtos ou atividades da empresa (*output-for-innovaton*). No primeiro caso, a P&D é organizada espelhando a organização por disciplinas que é encontrada em universidades. No segundo caso, de modo geral, a P&D espelha as áreas finalísticas/de negócios da companhia.

Segundo os autores, uma organização *output-for-innovation* pressupõe intensa integração com as áreas de negócios da companhia e uma maior preocupação com custos e prazos da inovação. Por outro lado, esse tipo de organização também acaba favorecendo a duplicação de esforços, certa rigidez entre as diversas áreas e um menor número de inovações radicais, dado que a preocupação com o cliente é um foco predominante. Os autores ainda mencionam alguns fatores que auxiliam a companhia a decidir qual a melhor organização da sua pesquisa. Em setores muito dinâmicos, com elevadas taxas de mudança tecnológica e tecnologias mais sofisticadas, uma organização baseada em áreas de conhecimento é preferível. No caso de empresas diversificadas ou com alto grau de interdependência entre as tecnologias, é melhor uma organização orientada pelo produto. Existe ainda a organização matricial, mais complexa, onde os times se organizam simultaneamente por áreas científicas e por linhas de produtos.

Os incentivos existentes dentro da empresa para remunerar ou premiar o desempenho de seus funcionários também são um componente importante da gestão de recursos humanos para a inovação. Embora haja controvérsias sobre sua eficácia (Yanadori e Cui, 2013), alguns autores argumentam que esse é um bom mecanismo para estimular a inovação na empresa (Makri, Lane e Gomez-Mejia, 2006). Entre esses incentivos podem estar bônus ou mecanismos estruturados de participação nos lucros, além de outros desenhados especificamente para a inovação, tais como premiações ou participação nos *royalties* gerados pela propriedade intelectual. De modo geral, a existência desse tipo de incentivo pressupõe mecanismos claros de avaliação individual, onde critérios objetivos e sistemática rotineira de avaliação são utilizados a fim de distribuir bônus, *equities* e percentuais de participação nos lucros.

A carreira em Y é uma prática adotada em algumas das empresas mais inovadoras, a fim de permitir que tanto os profissionais de gestão quanto os profissionais técnicos cheguem ao topo da carreira na organização. Dessa forma, um cientista ou pesquisador pode alcançar o ápice da carreira sem ter que, necessariamente, assumir atividades típicas da área de gestão da empresa, o que se configura em incentivo aos cientistas e pesquisadores empregados na organização.

O crescimento dos custos da P&D e a constatação de que o ambiente externo à empresa pode ser uma fonte muito relevante de inovação fez crescer recentemente a importância da inovação aberta (Chesbrough, 2003). Segundo Alexy e Dahlander (2013), a inovação aberta é feita de todos os fluxos de conhecimento que atravessam as fronteiras da empresa, independentemente da forma ou direção, e que se destinam a criar e capturar valor. A partir da inovação aberta a empresa passaria a contar, nos seus processos de inovação, com conhecimentos dispersos em outras empresas, centros de pesquisa e universidades.

Nesse sentido, o engajamento da firma em processos de inovação aberta pode afetar positivamente sua *performance* inovadora, embora seja muito dependente do ambiente no qual a empresa opera. Estar localizada ou pelo menos possuir unidades em ambientes dinâmicos e inovadores é crucial nesse sentido. Aproveitar essas oportunidades traz desafios importantes para a gestão e a coordenação do processo de inovação, que se tornam muito mais complexos do que num cenário em que toda a P&D é realizada intramuros. Outro desafio fundamental diz respeito à propriedade intelectual e de que forma a empresa pode negociar os direitos sobre ideias de terceiros que possam ser úteis ao seu processo de inovação.

Alexy e Dahlander (2013) apontam uma série de contingências que precisam ser superadas para que a empresa possa aproveitar os benefícios da inovação aberta. A primeira está relacionada com as resistências da equipe interna em valorizar e incorporar conhecimentos produzidos externamente – a síndrome do *not invented here*. Existem também custos de transação associados à procura e à utilização de conhecimentos externos. Para melhor aproveitar o uso do conhecimento produzido externamente, a empresa precisa desenhar o processo de busca e o problema tecnológico que ela precisa resolver de forma muito clara e objetiva. Compatibilidade também é uma questão relevante. A solução de um problema pode ter várias alternativas tecnológicas diferentes, mas algumas delas podem não ser compatíveis com as plataformas já existentes na empresa.

Uma das formas crescentemente utilizadas pelas empresas para incorporar tecnologias e conhecimentos desenvolvidos externamente é o investimento, por meio de fundos de *venture capital*, em pequenas empresas de base tecnológica. As grandes empresas possuem imensas vantagens competitivas para fazer inovação (principalmente inovação radical), dadas a escala de recursos disponíveis para alocar em atividades de P&D e suas competências acumuladas. Contudo, a estrutura organizacional e hierárquica dentro da empresa pode engessar as atividades de inovação e reduzir os incentivos para tanto, especialmente no caso de inovações disruptivas. Nesses casos, a aquisição de empresas de base tecnológica pode ajudar essas empresas a incorporar tecnologias disruptivas ao seu portfólio. A estratégia de adquirir uma empresa para acessar a tecnologia desenvolvida por ela e incorporá-la ao negócio da grande empresa é, muitas vezes, viabilizada pela constituição de fundos de *venture capital*, também chamados *corporate ventures*.

6.1.2 Avaliação do portfólio de P&D

A gestão do portfólio de P&D é uma das atividades fundamentais da gestão da inovação na empresa, especialmente num contexto em que são confrontadas com rápidas mudanças tecnológicas, redução do ciclo de vida dos produtos e amplificação da concorrência em termos mundiais. Como o portfólio de projetos de P&D é um dos elementos da estratégia empresarial, sua avaliação é crítica para o processo de competição. Mais do que nunca, as empresas precisam decidir quanto vão investir em tecnologia e qual a expectativa de retorno desses investimentos, fundamentais para a sua prosperidade futura e até mesmo para a sua sobrevivência.

Um projeto de P&D tem como resultado uma nova tecnologia ou um conhecimento novo, ao passo que um projeto de desenvolvimento do produto ou processo tem como resultado um novo produto ou processo que pode ou não utilizar os conhecimentos e tecnologias desenvolvidos anteriormente. A gestão do conjunto de projetos de pesquisa ou de desenvolvimento é uma atividade inerente tanto a empresas inovadoras quanto a instituições e centros de pesquisa e envolve desde a seleção dos projetos de P&D até o seu monitoramento e avaliação.

Segundo o Project Management Institute (2014), a atividade de gestão de portfólio envolve identificar, priorizar, autorizar, gerenciar e controlar projetos e/ou programas a fim de atingir objetivos estratégicos da empresa. Isso é feito, em grandes organizações, por um corpo especializado de funcionários

em um escritório ou gerência de projetos. Para o Instituto, alguns dos critérios que devem ser considerados na gestão desse portfólio são: (i) objetivos de médio e longo prazo da organização; (ii) aumento da lucratividade ou redução de custos; (iii) cumprimento de metas estratégicas; (iv) nível de esforço requerido pelo projeto; v. custos envolvidos; e vi. desafios técnicos.

Para a gestão de um portfólio de projetos, existem diversas ferramentas que podem ser utilizadas pelas empresas, envolvendo desde sistemas informatizados até reuniões periódicas da equipe responsável. Para que esse gerenciamento seja possível, dois processos são fundamentais: (i) estabelecimento de critérios de seleção e decisão de quais projetos serão conduzidos pela organização e; (ii) aplicação de métodos e ferramentas de avaliação dos projetos. Esses dois processos estão interligados, como mostram Cooper, Edgett e Kleinschmidt (1999), ao argumentar que a dinâmica do processo de decisão também facilita o processo de avaliação, seleção e priorização de novos projetos. A avaliação estaria, portanto, no centro do processo de tomada de decisão sobre quais projetos devem ser realizados, acelerados ou mesmo descontinuados.

Goffin e Mitchell (2010) ressaltam que há desafios associados diretamente com a avaliação de projetos, o balanceamento do portfólio e a motivação de equipe, quais sejam: (i) a própria decisão de quais projetos devem ser desenvolvidos; (ii) a escolha de um portfólio do conjunto de projetos capazes de atender às necessidades da empresa e; (iii) o comprometimento dos funcionários, independentemente de quais projetos sejam escolhidos para compor o portfólio, (mesmo que seus projetos e ideias individuais sejam rejeitados).

Boas avaliações e bons procedimentos podem prover aos gestores de programas as informações necessárias para melhorá-los e para comunicar de forma eficaz toda a gama de benefícios de esforços de P&D. O objetivo final é conduzir a P&D para tecnologias comercializadas com êxito. É evidente que, além desse objetivo final, uma avaliação bem-sucedida pode melhorar continuamente os projetos que compõe um portfólio de P&D e contribuir efetivamente para o crescimento da empresa. Além disso, uma boa avaliação de portfólio de P&D facilita a comunicação interna das empresas e, principalmente, indica como se pretende desenvolver as atividades de pesquisa e como se decide a alocação de recursos. Também ajuda a encontrar a melhor forma de modificar ou redesenhar programas, estimar as saídas, os resultados e os impactos esperados. A avaliação ainda fornece informações para a prestação de contas das empresas, permitindo analisar se as equipes de desenvolvimento estão alinhadas com a sua estratégia mais geral.

Eilat, Golany e Shtub (2008) ressaltam que a avaliação envolve a mensuração de múltiplos critérios, incluindo a relevância do projeto para a missão e objetivos da organização, o potencial de alavancagem, a probabilidade de sucesso técnico e comercial, entre outros. Apesar das dificuldades em estimar medidas apropriadas para os projetos, como o seu retorno esperado, é necessário buscar essas medidas, dado que os projetos devem ser priorizados, pois competem pelos mesmos recursos.

Um elemento central na avaliação de projetos de P&D é o risco. A avaliação de projetos é feita na presença de incerteza sobre o ambiente exógeno à firma, além do risco inerente ao próprio projeto de inovação. Como a avaliação de portfólio é uma atividade realizada *ex ante*, a quantificação desses riscos é fundamental para uma avaliação adequada dos projetos e, consequentemente, do portfólio. Projetos de inovação disruptiva, mais próximos à fronteira tecnológica, tendem a ser mais arriscados do que projetos incrementais, o que reduz o retorno esperado desses projetos, pois a chance de eles falharem é maior. Por essa razão, quando se analisa o portfólio de P&D como um todo, é necessário equilibrar uma carteira a partir de um percentual de projetos disruptivos (mais arriscados) com projetos incrementais, com maiores chances de sucesso.

Existem alguns indicadores relativamente consolidados, na literatura, para se avaliar o risco de projetos de P&D. Entre eles estão o *Technology Readiness Level* (TRL), que é usado para aferir o grau de maturidade de uma dada tecnologia (Mankins, 2009). Quanto mais madura, ou mais próxima da finalização, menor o risco envolvido no desenvolvimento de uma tecnologia. Outra medida similar é o *Commercial Readiness Level* (CRL), que busca aferir o quanto a tecnologia está próxima de ser comercialmente implementada.

Um segundo elemento fundamental nessa avaliação é o valor esperado da tecnologia a ser desenvolvida. A valoração de projetos de pesquisa, contudo, é um dos maiores desafios do processo de gestão e avaliação de projetos de P&D. Segundo Salerno (2015),

> não há abordagens e metodologias hegemônicas ou universalmente aceitas, e isso se reveste num problema prático da maior importância na disputa de recursos entre projetos com maior incerteza e os mais tradicionais com menor incerteza e maior previsibilidade, dentro de uma empresa.

O uso de uma variedade de métodos de avaliação pode ser útil para responder a diferentes tipos de questões no processo de gerenciamento de projetos. Uma variedade maior de métodos fornece múltiplas alternativas para aprofundar a compreensão e fortalecer argumentos a favor e contra projetos.

Existem diversos métodos de avaliação de portfólio de P&D, alguns mais qualitativos, outros quantitativos e voltados para calcular quanto valem os projetos (Fleischer, 1969; Ehrlich e Moraes, 2005). As principais técnicas quantitativas discutidas nesses e em outros trabalhos são baseadas em fluxos de caixa descontados, com entradas (recebimentos), saídas (pagamentos) e aplicação de taxa de desconto (ou taxa de juros). Entre elas, estão o *Payback*, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), por exemplo. Todas envolvem a estimativa de um fluxo de caixa do projeto, sendo as entradas desse fluxo o retorno esperado do produto, uma vez no mercado, e as saídas os investimentos iniciais no projeto. Esses métodos empregam uma taxa de juros para descontar os fluxos de caixa e trazê-los para um único ponto no tempo, assim os diferentes projetos de P&D podem ser comparados a partir de um mesmo parâmetro: o seu valor presente líquido em termos monetários. A TIR, que é a taxa que iguala o valor dos investimentos realizados com o fluxo de receitas esperado, é outro conceito utilizado para comparação entre projetos, assim como o Rretorno sobre o Investimento (ROI).

O cálculo dessas variáveis para projetos de investimento é algo absolutamente trivial do ponto de vista financeiro. Não há nenhuma dificuldade em calcular o VPL ou a TIR de um investimento qualquer, podendo-se quantificar exatamente qual o investimento inicial e quais os fluxos esperados de receita no futuro.

É nesse ponto, porém, que residem as dificuldades em relação aos projetos de P&D. Mesmo os investimentos iniciais feitos no projeto estão sujeitos a riscos e podem não ser completamente previsíveis. Um exemplo disso é quando a rota escolhida para a solução de um problema técnico qualquer associado ao desenvolvimento de um novo produto não é bem-sucedida, de modo que é preciso escolher alguma alternativa. Porém, mais difícil que estimar com precisão o custo total de um projeto de P&D é estimar suas receitas. Essas vão depender do desenvolvimento ter sido bem-sucedido tecnicamente, mas também do tamanho do mercado e das ações dos concorrentes, entre diversos outros fatores que podem afetar o sucesso de uma inovação.

Para lidar com as probabilidades de sucesso e fracasso, que mudam rotineiramente ao longo do fluxo do projeto, recentemente tem crescido a utilização da abordagem de opções reais aplicada a P&D (ver, por exemplo, Van Bekkum, Pennings e Smit, 2009). Essa forma de avaliação de projetos inspira-se na abordagem de cálculo do valor de opções, típico do mercado financeiro, no qual o investidor pode exercer ou não a opção de compra de certo ativo em determinado momento do tempo. Dessa maneira, soluciona uma das críticas que se faz aos

modelos de fluxo de caixa, que é sua excessiva rigidez. Utilizando a abordagem de opções reais para o cálculo do valor de projetos de investimento, introduzem-se pontos de decisão – parar ou continuar com o projeto – ao longo de sua vida útil. Em cada ponto de decisão, existe um valor de investimento realizado conhecido (uma vez que passado) e um fluxo de investimentos e receitas futuras ainda sujeito a estimativas. A utilização dessa abordagem reduz, portanto, a incerteza do projeto a cada ponto de decisão.

Os métodos puramente econômicos e financeiros podem dar uma boa estimativa dos retornos, quando é possível estimar os retornos econômicos advindos das inovações. No entanto, as técnicas econômicas devem necessariamente monetizar os itens individualmente. Em situações de incerteza, essas técnicas enfrentam problemas para chegar aos melhores resultados, justamente pela dificuldade em valorar coisas como alinhamento estratégico da inovação ou o próprio sucesso de mercado da inovação. De fato, muitas empresas, embora utilizem avaliações de custos para comparar e analisar seus projetos de P&D, preferem não usar estimativas de receitas para esses projetos em virtude do grau de erro e incerteza que pode estar associado a esses cálculos. Assim, preferem optar por critérios qualitativos para a avaliação dos seus projetos de P&D. A relevância do projeto e sua aderência à estratégia da empresa, por vezes, é o critério principal para a alocação de dinheiro em diferentes projetos. Essa é uma avaliação subjetiva realizada pelos líderes da empresa, muitas vezes mais relevante que as medidas financeiras disponíveis, incapazes de incorporar aspectos estratégicos não monetizáveis. Abbassi, Ashrafi e Sharifi Tashnizi (2014) também destacam outros critérios qualitativos que poderiam compor a avaliação dos projetos, tais como a experiência da equipe envolvida, a infraestrutura disponível na empresa ou em instituições de pesquisa, o grau de apropriabilidade, questões regulatórias que envolvem a nova tecnologia, além da existência de suporte governamental para o projeto.

Para responder às questões qualitativas, opiniões de especialistas externos podem ser relevantes no processo de avaliação. Assim, revisão por pares e pareceres de peritos podem ajudar as equipes de P&D a responder perguntas sobre a qualidade, relevância e gestão das atividades. Opiniões qualitativas ajudam a desenhar os elementos e processos relevantes para selecionar programas e tomar decisões quanto à continuidade ou interrupção da produção, respaldando modificações de portfólio e formando redes de colaboradores essenciais nas atividades de pesquisa. Essas redes são úteis para responder a perguntas sobre o impacto de um programa de pesquisa, contribuindo também para a disseminação do conhecimento tácito.

Pesquisas de opinião dentro e fora da empresa sobre temas críticos de pesquisa, análises de citações e estudos de caso são procedimentos que ajudam a documentar a aderência entre os resultados de um programa e as questões que procurou *a priori* responder, além de respaldarem estimativas de custos e benefícios, incluindo as variáveis mensuráveis. *Benchmarking* pode ajudar a identificar onde e como fazer melhorias, a partir de comparações com programas similares no exterior. Procedimentos econométricos, por sua vez, podem indicar se o programa chegou ou não a um resultado. Esses e outros métodos auxiliam um gerente a entender e gerenciar melhor o seu programa, aproximando-o do cumprimento dos objetivos traçados e facilitando o processo de comunicação de realizações para os interessados dentro da empresa.

A coleta da opinião de especialistas, a partir de critérios *ad hoc*, pode se basear em diferentes métodos de apoio à decisão. Entre eles métodos baseados em *scores* ou métodos de pontuação envolvendo vários critérios ou que usam listas de verificação (*check lists*). Os mais conhecidos são os métodos *Delphi*, *Q-Sort* ou de Árvores de Decisão. Qualquer que seja o método, contudo, ele baseia-se em critérios subjetivos, dependentes de avaliações humanas (Shehabuddeen, Probert e Phaal 2006).

Uma vez definidos os critérios de avaliação dos projetos de P&D, resta a questão da seleção dos projetos e do momento em que devem ser descontinuados. Uma das técnicas mais comuns para a seleção e priorização de projetos de P&D é o *innovation funnel* ou algum mecanismo similar de estágios e portões de decisão (Dunphy, Herbig e Howes, 1996). O conceito de funil baseia-se na ideia de que o processo de desenvolvimento de um novo produto passa pela mesma sequência de atividades, independentemente do produto específico. A fase 1 é uma etapa de desenvolvimento de conceito e especificação das características que o produto deveria ter. A fase 2 detalha a definição do produto, bem como das tecnologias que serão utilizadas para o seu desenvolvimento. A fase 3 é a própria fase de desenvolvimento do produto, na qual as equipes de desenvolvimento estão trabalhando para implementar o conceito do produto elaborado nas fases anteriores. Por fim, a última fase é a de testes, escalonamento e início da produção.

Em cada uma dessas fases, existem portões de decisão diante dos quais a empresa deve resolver se o projeto continua ou não. Os critérios para essa decisão são, preponderantemente, tecnológicos ou de mercado. O formato de funil deve-se ao fato de que, na medida em que avança o processo de desenvolvimento, os critérios de corte vão se acumulando e só um número reduzido de ideias efetivamente se transforma em um novo produto comercializável pela empresa.

Independentemente dos critérios utilizados para avaliação dos projetos, sejam eles quantitativos para custo, risco e retorno, ou qualitativos, as organizações irão se deparar com a questão de como fazer o balanceamento do seu portfólio. De modo geral, as firmas costumam manter um portfólio diversificado de projetos em termos dos vários critérios utilizados na avaliação: maturidade tecnológica, pesquisa básica X desenvolvimento, risco tecnológico, custos, retornos esperados etc. Para Zedtwitz, Friesike e Gassmann (2014), uma boa gestão do portfólio deve balancear produtos com alto risco e alta expectativa de retorno com inovações incrementais e de baixo risco.

6.2 Como as Grandes Companhias Petrolíferas Inovam?

Com investimentos em P&D da ordem de cerca de 1% do seu faturamento, o setor de petróleo é caracterizado como um setor de média-baixa intensidade tecnológica. Apesar da crescente necessidade de novas tecnologias para exploração de petróleo em condições cada vez mais desfavoráveis, a indústria tem a reputação de ser lenta no desenvolvimento e adoção de novas tecnologias (Perrons, 2014).

Entretanto, esse cenário parece estar se transformando no período recente, com a tecnologia e a inovação assumindo um papel estratégico para as grandes companhias de petróleo e com algumas companhias nacionais de petróleo ganhando participação nos investimentos em P&D do setor (Thuriaux-Aleman, Salisbury e Dutto, 2010).

Entre os desafios recentes para o setor está a necessidade de exploração de petróleo em reservas não convencionais, mais profundas ou de mais difícil extração. Vários autores têm apontado que a era do petróleo fácil teria acabado (Urstadt 2006; Perrons, 2014; Weijermars, 2009). Além disso, crescem as pressões da sociedade por maior sustentabilidade e pela redução de emissões ao mesmo tempo em que as regulações ambientais tendem a se tornar mais duras para as empresas. Nesse cenário, as energias renováveis têm ganhado, pelo menos publicamente, mais espaço nas estratégias tecnológicas das empresas de petróleo. Muitas delas caminham para uma transição energética, deixando de ser apenas empresas de petróleo para serem empresas produtoras de energia. Esses desafios colocam cada vez mais centralidade no papel da P&D para a sobrevivência e a competitividade das empresas.

Em paralelo, cresce a competição entre as empresas do setor, com a emergência de novos concorrentes investindo pesadamente em inovação. Bereznoy (2019) mostra como as chamadas Companhias Nacionais de Petróleo (NOCs,

no acrônimo em inglês) vêm aumentando sua participação nos investimentos em P&D do setor e, assim, se aproximando das outrora líderes tecnológicas. O crescimento da importância das empresas chinesas nos investimentos em P&D do setor é mais um indício de como o cenário tecnológico está ficando mais competitivo para as líderes estabelecidas.

Em face a essas considerações, essa seção vai investigar de que forma algumas das principais companhias globais de petróleo organizam suas atividades de P&D e onde buscam informações e conhecimento para o desenvolvimento de inovações. Existe uma grande heterogeneidade nas práticas de gestão da inovação entre as empresas, ao passo que também existe pouca literatura disponível sobre a gestão da inovação nas empresas de petróleo. Dessa forma, buscaremos o que existe de informação na literatura e nos balanços das companhias a fim de elaborar um cenário mais geral das práticas de gestão da inovação nas empresas do setor.

Evensen, Lin e Womack (2020) investigaram, por meio de entrevistas com gestores, as principais táticas adotadas pelas empresas do setor para fomentar a inovação. Embora 62% dos líderes entrevistados tenham dito que a inovação é importante, apenas 41% afirmam que as organizações são eficientes em obter a inovação. Os executivos argumentaram que entre os principais fatores de sucesso para a inovação estão a liderança e o trabalho em equipe.

Por outro lado, a falta de habilidades digitais e uma cultura de aversão ao risco foram mencionadas como alguns dos fatores a inibir a inovação e menos da metade dos respondentes afirmaram que as estratégias de inovação das empresas são baseadas em dados e evidências. Sobre esse tema, Grant (2013) fez uma análise das experiências de gestão do conhecimento adotadas por empresas como BP, Shell, Chevron, ExxonMobil entre outras fornecedoras e prestadoras de serviços. O autor identificou a crescente aplicação de tecnologias da informação e comunicação para gerenciar o conhecimento produzido nessas grandes organizações e fora delas.

Entre as ferramentas de TI utilizadas para a gestão do conhecimento estão bases de dados, tais como a Knowledge Hub da Schlumberger, *softwares* de gestão e para colaboração entre funcionários, entre outros. O autor também menciona a importância da cultura organizacional e do estabelecimento, em algumas das empresas, de incentivos para que os funcionários efetivamente participem desses mecanismos.

Entre as principais motivações das empresas para adotar melhores práticas de gestão do conhecimento estão a descentralização de suas atividades de pesquisa, que são os casos da Shell e da BP, ou a redução de custos e aumento

da eficiência, explicitamente mencionados por Chevron e ExxonMobil. Segundo o autor "*the increasing costs and technical challenges of deep-water exploration have called for faster, more informed decision making. The cost of errors and the cost of delays have increased substantially*" (Grant, 2013).

Uma boa gestão do conhecimento é essencial, especialmente em empresas com alto grau de internacionalização de suas atividades de pesquisa, como é o caso de muitas das companhias petrolíferas.

A Shell, por exemplo, possui diversos centros de P&D ao redor do mundo, sendo os principais na Holanda, nos EUA e na Índia. O seu centro tecnológico em Amsterdam foi criado em 1914 e conta com cerca de 1.300 funcionários e, segundo a empresa, desenvolveu tecnologias como a que transforma gás natural em líquido para o transporte com menor nível de emissões, bem como um concreto que usa enxofre para estradas mais sustentáveis.[1] O centro tecnológico em Houston, no Texas, por sua vez, tem mais de 2.000 cientistas e engenheiros especializados em áreas que vão de processos de catálise até engenharia de reservatórios. Não é por acaso que a Universidade do Texas é uma das principais produtoras de conhecimento na área de petróleo no mundo. No centro tecnológico de Bangalore, na Índia, entre as diversas áreas de expertise dos seus 1.500 pesquisadores, estão a análise de dados e a pesquisa computacional, áreas nas quais a Índia tem maestria reconhecida. Além desses grandes centros, a Shell também possui outros centros de pesquisa menores em países como Alemanha, China, Qatar, Noruega, Canadá e Brasil. Na Alemanha, seu centro é especializado em motores e tecnologias veiculares, mais uma vez aproveitando as competências tecnológicas do país. No Brasil, a Shell criou, em 2018, um Centro de Pesquisa em Novas Energias,[2] em parceria com a FAPESP. O centro conta com quase 300 pesquisadores de universidades como a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), de São Paulo (USP) e do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), entre outras.

A Total é outro exemplo de descentralização das atividades de P&D, embora não tão contundente quanto o da Shell. O seu principal centro de pesquisa, o Jean-Féger, fica na cidade de Pau, no sudoeste da França. Lá trabalham, segundo a empresa[3], cerca de 2.900 funcionários de diversas nacionali-

---

1 https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-role-technology-plays/shell-technology-centres.html

2 https://www.cine.org.br/pb/.

3 https://ep.totalenergies.com/en/innovations/our-rd-centers/jean-feger-scientific-and-technical-centre-cstjf-heart-our-scientific.

dades. Nesse centro se encontram os principais laboratórios e infraestruturas de pesquisa da Total, entre eles um dos supercomputadores mais potentes do mundo (na vigésima primeira posição), com 25 petaflops de capacidade de processamento. Um segundo centro de P&D da empresa, também na França, está localizado no município de Lacq, também no sudoeste do país. O centro tem mais de 50 anos e, com 130 funcionários, é bem menor do que o centro principal. Em 2009, a empresa criou um centro de P&D em Doha, no Qatar, especializado em áreas regionalmente estratégicas. Além disso, a empresa também possui centros de pesquisa em Houston (EUA), no Rio de Janeiro, em Aberdeen (Reino Unido) e em Stavanger (Noruega)[4].

A ExxonMobil possui 10 centros de pesquisa ao redor do mundo[5] o que a torna, provavelmente, a mais internacionalizada entre as grandes companhias, do ponto de vista da pesquisa. O principal Centro de pesquisa da Empresa (a Upstream Research Company) fica em Houston, no Texas e possui mais de 10 mil funcionários, responsáveis por pesquisas nos segmentos de *upstream*, *downstream* e químicos, além das pesquisas energéticas de sua subsidiária XTO energia. Também no Texas, está o Complexo de Tecnologia e Engenharia de Baytown, com cerca de 800 funcionários, que desenvolve tecnologias em polímeros e plásticos leves. Em New Jersey fica o terceiro centro de pesquisa da empresa nos EUA, com 800 funcionários e um portfólio de pesquisa bastante diversificado. O Centro Tecnológico Europeu, localizado em Bruxelas, na Bélgica, é um dos três maiores da Companhia e desenvolve pesquisas em polímeros, analisa propriedades físicas químicas e estrutura molecular, além do desenvolvimento e análise de catalisadores. No Canadá, estão dois centros de pesquisa, antes pertencentes à Imperial Oil, subsidiária da ExxonMobil. Em Xangai, o centro tecnológico, criado em 2011, possui mais de 200 funcionários cujas pesquisas se concentram principalmente na petroquímica. O Centro de Pesquisa instalado do Parque Científico e Tecnológico do Qatar começou suas operações em 2009 nas áreas de gestão ambiental, reuso da água, geologia costeira e segurança do gás natural liquefeito. Além desses, a empresa também tem centros de pesquisa em Bangalore, na Índia e em Kuala Lumpur, na Malásia.

A BP também possui uma rede de centros tecnológicos ao redor do mundo, sendo que o mais importante é o Castrol Technology Centre, especializado em P&D para combustíveis e lubrificantes, localizado em Pangbourne, Reino

[4] https://ep.totalenergies.com/en/innovations/our-research-development-centers-around-world

[5] https://corporate.exxonmobil.com/Operations/Energy-technology-centers.

Unido. No Reino Unido, também fica o Sunbury Research Centre, onde se realiza boa parte da pesquisa da Companhia em técnicas de recuperação de óleo aprimoradas (*Enhanced Oil recovery*). Ainda no Reino Unido estão o Centro de Pesquisa em Hull (Hull Research and Technology Centre – HRTC), com foco em petroquímica, e o Centro Internacional para Materiais Avançados, junto a Universidade de Manchester. Nos EUA, estão o Centro de computação de alto desempenho, onde fica o supercomputador utilizado pela empresa para pesquisa e o Centro de Biociências em San Diego, além de mais dois centros em Illinois e em Houston. Recentemente, a empresa também anunciou a criação de um centro de TI na Índia.

Além dos seus próprios centros de pesquisa, algumas empresas também patrocinam ou são parceiras de outros centros públicos ou privados de pesquisa. Um exemplo é um centro de pesquisa recentemente criado pelo governo norueguês, o Technology Centre Mongstad (TCM),[6] que tem a missão de desenvolver e testar tecnologias para captura de carbono. O governo norueguês detém mais de 70% do centro, enquanto Shell, Total e Equinor participam com 8,7% cada uma.

Mesmo as empresas que não possuem muitos centros de pesquisa distribuídos pelo mundo, contam com parcerias com pesquisadores e instituições de pesquisa, como é evidenciado pelo número de artigos científicos produzidos ou financiados por essas empresas em diversos países. Numa consulta às publicações científicas da *Web of Science*, patrocinadas ou produzidas pelas 10 maiores companhias petrolíferas do mundo nos últimos dez anos, foram encontrados mais de 40 mil artigos. Parte significativa desses artigos foi produzida em parceria com centenas de universidades e instituições de pesquisa nos mais diversos países.

Efetivamente, as empresas petrolíferas estão crescentemente se apoiando na inovação aberta, desenvolvida por prestadores de serviços, fornecedores, agências governamentais e universidades, que desempenham um papel fundamental nas atividades de P&D do setor (Acha e Cusmano, 2005). Evensen Lin e Womack (2020), a partir de entrevistas com líderes do setor, mostraram que mais de 80% deles afirmaram que suas organizações se envolvem em inovação aberta. Além disso, também existem vários relatos na literatura sobre como empresas petrolíferas globais passaram a adotar fortemente o conceito de inovação aberta em suas estratégias tecnológicas (Pellegrini,

[6] https://tcmda.com/about-tcm/.

Lazzarotti e Pizzurno, 2012; Iakovleva, 2013; Ramírez, Roodhart e Manders, 2011). Para tanto, muitas delas criaram fundos de *venture capital* para dar suporte à tecnologias inovadoras criadas fora dos seus centros de P&D (Shah, Zegveld e Roodhart, 2008).

Perrons (2014) investigou de que forma acontece a inovação e quais são as fontes de conhecimento e tecnologias utilizadas pelo setor, a partir de entrevista com cerca de 200 líderes e executivos das empresas. Ele concluiu que as empresas prestadoras de serviços têm desempenhado um papel cada vez mais importante nas inovações do setor, respondendo por mais de 60% das tecnologias desenvolvidas. Por outro lado, universidades e instituições de pesquisa públicas não foram consideradas, pelos executivos ouvidos, fontes relevantes de informação e conhecimento para as atividades de P&D.

Além do estabelecimento de parcerias científicas e tecnológicas, com Universidades ou com outras empresas, uma das formas das empresas incorporarem conhecimentos produzidos externamente é por meio do investimento em outras empresas. Para isso, muitas empresas criam fundos de *venture capital* (os chamados *corporate ventures*). Segundo Davila (2014), existe uma tendência cada vez mais relevante nas estratégias de inovação das grandes empresas, que se baseia na aquisição de novas empresas de base tecnológica, também conhecidas como *startups*. Esse tipo de estratégia para acessar tecnologias externas e incorporá-las ao negócio da empresa é, muitas vezes, viabilizada pelos fundos de *venture capital*, que são os braços financeiros responsáveis por esses investimentos.

A BP criou o seu próprio fundo de *venture capital* em 2006, com foco em energia, de modo geral, e em tecnologias que ajudem a reduzir emissões. Ao longo dos últimos anos, o fundo investiu mais de US$ 800 milhões em cerca de 60 empresas, muitas delas voltadas para Inteligência Artificial e tecnologias da informação, assim como em novas fontes de energia.[7]

A Shell também desenvolveu seu modelo inovador de investimento em novas tecnologias externas à companhia e ao setor, composto por diferentes iniciativas. A primeira delas é chamada de Shell GameChanger,[8] criada após uma reestruturação do modelo de negócios da empresa em meados dos anos 90 (Verloop, 2006; Dennis, Jones e Roodhart, 2012). O programa foi estruturado

[7] https://www.bp.com/en/global/bp-ventures/our-portfolio.html.

[8] https://www.shell.com/energy-and-innovation/entrepreneurs-and-start-ups/shell-gamechanger/about.html

como um processo de funil, com portas de passagem entre os estágios, sujeito a revisão por pares e que seria capaz de converter novas ideias em projetos e, eventualmente, novas empresas (Ramírez, Roodhart e Manders, 2011). Trata-se de um fundo de capital semente focado em algumas áreas relevantes para a empresa – transição energética, tecnologias digitais, e tecnologias de petróleo e gás – cujos projetos são selecionados por meio de chamadas públicas. O programa já apoiou mais de 5 mil inovadores ao redor do mundo, sendo que 150 das ideias selecionadas se converteram em novos negócios.

Na mesma época também foi criado um fundo de venture capital, voltado para *startups* e empresas no seu estágio inicial. Comparado ao GameChanger, a Shell Ventures apoia estágios posteriores no ciclo de inovação, indo até o escalonamento e o crescimento do negócio, enquanto o primeiro apoia o desenvolvimento de ideias e soluções que ainda não se tornaram projetos concretos. A Shell Ventures faz investimentos iniciais da ordem de US$ 2 a 5 milhões, podendo aportar entre US$ 15 e 22 milhões durante todo o ciclo de investimento na empresa.[9] As áreas prioritárias de investimento são energia, mobilidade, tecnologias digitais, além de tecnologias voltadas ao core business da empresa: exploração e produção.

Esses exemplos mostram a relevância de redes de conhecimento diversificadas – desde prestadores de serviços, empresas de outros setores até pesquisadores acadêmicos – para a inovação no setor de óleo e gás. As empresas do setor aproveitam esse conhecimento das mais diversas formas, seja mobilizando pesquisadores em seus centros de pesquisa ou mesmo investindo em ideias e projetos inovadores desenvolvidos em outras instituições ou empresas.

6.3 A Gestão da Inovação na Petrobras

A Petrobras é uma das maiores empresas mundiais do setor e é reconhecida pelas suas conquistas tecnológicas em diversas áreas, especialmente na exploração de petróleo em águas profundas (Morais, 2013). De que forma a empresa hoje gerencia seus investimentos em P&D e em novas tecnologias e em que medida suas estratégias de gestão da inovação estão alinhadas com as estratégias de inovação aberta implementadas pelos seus concorrentes é a questão que esta seção procura responder.

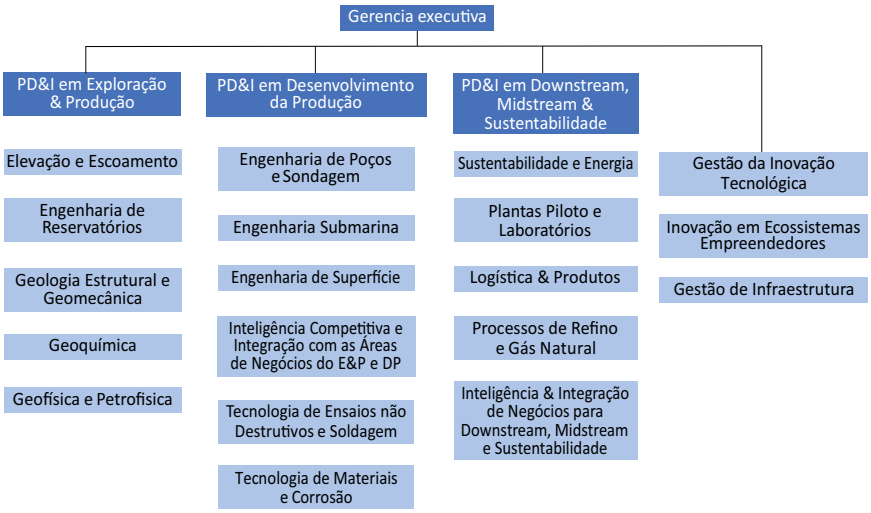
[9] ahttps://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/shell-ventures/about.html

6.3.1 O Cenpes: competências e organização

A origem do Cenpes está no Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo (CENAP), criado pela Petrobras em 1955 para suprir a formação de pessoal qualificado para o setor de petróleo. O CENAP foi criado com duas áreas, uma voltada à capacitação profissional e outro à análises e pesquisas (Morais, 2013). Foi a partir dessa instituição que, em 1966, foi criado o Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação da Petrobras (Cenpes), até hoje o único Centro de Pesquisa da empresa no mundo.

Assim como o restante da empresa, o Cenpes possui uma carreira em Y, o que significa que tanto o pessoal de gestão quanto o pessoal técnico da empresa podem chegar aos cargos mais altos da administração. Esse tipo de organização de carreira é adotado em muitas empresas no mundo todo com o objetivo de possibilitar que profissionais altamente especializados, das áreas técnicas das companhias, também possam chegar à alta administração da empresa.

Figura 6.2 Organograma do Cenpes



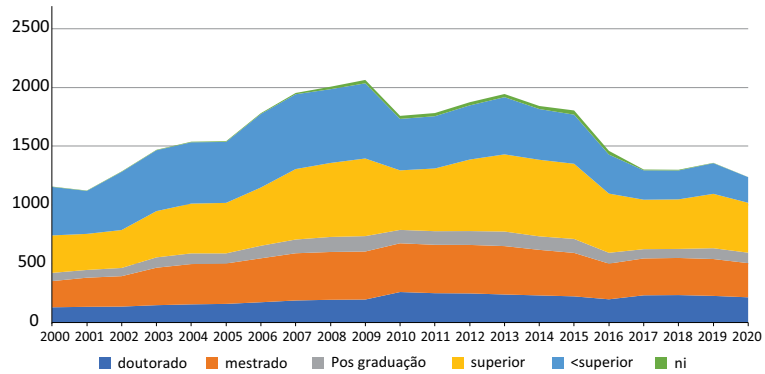
Fonte: Cenpes/Petrobras. Elaboração própria.

O Cenpes tem uma gerência executiva, que comanda a instituição e está subordinada à diretoria de transformação digital e inovação. A organização das equipes, dentro do Centro, reflete a própria organização da companhia (Figura 6.2). A pesquisa, portanto, está organizada com base em linhas de produtos ou atividades da empresa, o que a literatura chama de *output-for-innovaton*,

onde a P&D espelha as áreas finalísticas/de negócios da companhia (Zedtwitz, Friesike e Gassmann, 2014). Assim, sob a gerência executiva, estão três grandes áreas ou gerências gerais: (i) a de P,D&I em desenvolvimento da produção; (ii) P,D&I em exploração e produção e; (iii) P,D&I em *downstream*, *midstream* e sustentabilidade, que abrange as áreas de refino e distribuição de óleo e combustíveis e também pesquisas voltadas à sustentabilidade. Abaixo das gerências gerais, estão 19 gerências específicas para áreas como engenharia de poços, engenharia de reservatórios, geofísica, entre outras. Três dessas gerências, responsáveis por atividades transversais, como a gestão dos processos de inovação ou da infraestrutura de pesquisa, estão subordinadas diretamente à gerência executiva.

O Centro possui mais de 1.300 funcionários, número próximo ao verificado no início dos anos 2000. Entre 2000 e 2009, houve um crescimento muito forte no número de funcionários, que chegou a ser próximo de 2.000. Esse crescimento se deu em todos os níveis de qualificação, mas foi mais intenso no grupo de funcionários com ensino médio ou superior. Essa tendência que parece ter sido revertida no período mais recente, com um forte enxugamento de funcionários de nível médio ou inferior. Historicamente, o quadro de pessoal do Cenpes é extremamente qualificado, pois mais de 80% dos funcionários da instituição possuem formação superior completa, sendo que, em 2020, mais de 41% deles possuíam mestrado ou doutorado (Gráfico 6.1).

Gráfico 6.1 Evolução do quadro de pessoal do Cenpes, por nível de qualificação (2000-2020)



Fonte: Cenpes/Petrobras. Elaboração própria.

Esses funcionários são responsáveis diretos por boa parte da pesquisa realizada pelo Cenpes. Segundo entrevistas realizadas para a elaboração des-

se trabalho, aproximadamente 60% das pesquisas desenvolvidas pelo centro é realizada *in house*, especialmente em áreas estratégicas para a empresa, como a sísmica. Mesmo a parcela da pesquisa que, assim como em outras empresas do setor, é contratada de universidades ou institutos de pesquisa é gerida e coordenada pelos pesquisadores do Cenpes.

6.3.1.1 Histórico

Assim como as gerações dos modelos de inovação (Rothwell, 1994), podemos considerar que o processo de gestão de P&D na Petrobras passou por quatro grandes gerações, intimamente relacionadas aos desafios que se apresentavam no ambiente externos à Companhia, sejam desafios tecnológicos ou desafios socioeconômicos.

6.3.1.2 A primeira geração do sistema de gestão de P&D da Petrobras: fundamentos e estrutura

O Cenpes, criado em 1966, evoluiu suas atividades de gestão de P&D em paralelo com o processo de aprendizado tecnológico da Petrobras. Junto com o Cenpes, foi criada a sua divisão de Planejamento, responsável pela organização de curto prazo, com foco nos procedimentos necessários para a execução das primeiras pesquisas, e pelo planejamento de longo prazo, com o foco na construção das instalações e da organização do trabalho do futuro Centro de PD&I na ilha do fundão (Leitão, 1989a).

É a partir da década de 1970 que os esforços institucionais se direcionam para o processo de administração tecnológica (Monteiro e Leitão, 1972), com forte foco na gestão dos recursos e na introdução dos primeiros sistemas de informação para suporte ao planejamento. No início da década de 1980, as atividades de exploração e produção de petróleo da Petrobras realizavam-se em águas marítimas de até 300 metros de profundidade, cujas tecnologias já eram dominadas pela empresa. A partir do período 1985-1986, entretanto, a empresa não pôde mais contar com o respaldo da experiência internacional no desenvolvimento das tecnologias para águas profundas (Morais e Turchi, 2013). O fato do surgimento dos grandes desafios relacionados à fronteira exploratória da Bacia de Campos culminou com a criação da Área de Administração Tecnológica (DIPLAT).

A criação da DIPLAT foi um marco fundamental no processo de estruturação da gestão da tecnológica na Petrobras. A principal missão da área de Administração Tecnológica era a de coordenar a pesquisa, desenvolvimento

e inovação, e de garantir a captura do valor gerando do PD&I para a empresa. A área de Avaliação Tecnológica foi considerada uma experiência inovadora nas empresas do país e um marco nos modelos de administração tecnológica (Leitão, 1989a), sendo organizada com base em uma equipe multidisciplinar, que atuou na busca, adaptação, desenvolvimento e implantação das melhores práticas e metodologias de gestão de tecnologia.

Por meio da área de Administração Tecnológica, foram assentadas as bases da Gestão Tecnológica, que inclui a Gestão do P&D e a Gestão da Tecnologia (Chanaron e Jolly, 1999). Foi através da Gestão Tecnológica que a Petrobras definiu as áreas em que buscaria tecnologias ou soluções tecnológicas que viabilizem a sua estratégia empresarial, integrando a tecnologia na estratégia da organização por intermédio de um processo iterativo de estabelecimento de prioridades e distribuição de recursos à luz dos objetivos comerciais e corporativos. Este processo que conduziu ao avanço do desenvolvimento tecnológico, pode ser entendido como a sequência de escolhas feitas pela Petrobras, contemplando não só quais tecnologias seriam pesquisadas e desenvolvidas, mas toda a definição da alocação dos recursos e da criação da capacidade institucional necessária para este processo (Roussel, 1991; Ransley e Rogers, 1994; Chanaron e Jolly, 1999).

A gestão da tecnologia passou a ter como foco o portfólio de tecnologia, ou seja, toda a gama de ativos tecnológicos da organização. Seu escopo foi direcionado a tratar a tecnologia como um ativo organizacional, envolvendo questões como a monitoração tecnológica, prospecção, criação e desenvolvimento, aquisição, disseminação, comercialização, transferência e implantação. No escopo da gestão de P&D estão os projetos e programas de P&D, e as questões relacionadas à definição, avaliação e seleção dos projetos, alocação dos recursos estratégicos disponíveis, como e com quem desenvolverá a tecnologia e qual o investimento necessário (Chanaron e Jolly, 1999).

Em outras palavras, foi necessário o avanço da gestão para acompanhar e catalisar o desenvolvimento tecnológico necessário para vencer os desafios da exploração em águas profundas. Considerando as principais práticas de gestão discutidas na academia e na indústria foram feitos vários avanços metodológicos na administração de tecnologia da Petrobras. Um deles foi a da gestão do portfólio de projetos através da aplicação do conceito de gerenciamento de programas de projetos, buscando a obtenção de benefícios estratégicos através do gerenciamento e coordenação integrados do grupo de projetos relacionados aos principais desafios de tecnologia.

Com isso, para vencer os desafios da nova fronteira exploratória, foi elaborado pelo Cenpes em conjunto com as áreas de operação da companhia, um

conjunto de projetos de pesquisa buscando à capacitação em águas profundas, o Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas (PROCAP 1.000). O PROCAP, que foi lançado em três edições: PROCAP 1.000, no período 1986-1991; PROCAP 2.000, no período 1992-1999; e PROCAP 3.000, no período 2000-2011 viabilizou a geração de tecnologias responsáveis pelo avanço tecnológico da Petrobras na indústria (Leite, 2006). Como resultado da intensificação das atividades de pesquisas, o depósito de patentes da empresa cresceu desde 1980: da média anual de 26 patentes depositadas no Brasil, de 1980 a 1990, passou-se para 65, de 1991 a 2000, e para 94, de 2001 a 2010. Foi depositado o total de 1.879 patentes em órgãos de patenteamento, entre 1980 e 2010, envolvendo 944 patentes no Brasil e 935 em outros países (Morais e Turchi, 2013).

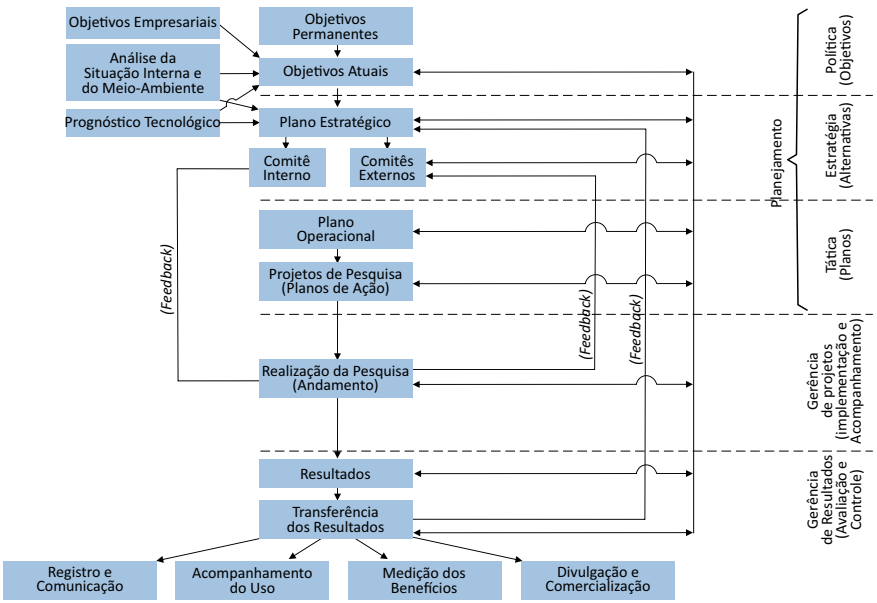
Outro avanço metodológico da gestão tecnológica ocorreu com a formalização do princípio de gestão compartilhada com o cliente, utilizando uma estrutura de Comitês para de tomada de decisão. As decisões da estratégia de P&D passaram a ser materializadas nos níveis estratégico, intermediário e operacional, através do desdobramento da estratégia no Portfólio de Projetos de P&D e nos projetos individuais, em linha com os principais modelos de gestão do portfólio (Matheson e Matheson, 1997). Os Comitês, divididos pelos níveis organizacionais da empresa eram os responsáveis pela análise e aprovação das diretrizes, políticas de alto nível e carteiras de projetos, nos chamados Comitês Tecnológicos Estratégicos, até a priorização e acompanhamento dos projetos, nos Comitês Tecnológicos Operacionais (Monteiro e Leitão, 1986). Trata-se de um modelo "*soft*" do que viria ser definido como modelos de *Stage-Gate*, também chamados de *Waterfall* (Cooper, 1990) em que o elemento central do modelo era o Projeto de P&D, definido como "a menor unidade organizacional do Cenpes" (Leitão e Monteiro, 1989).

Em resumo, desde o seu início, o modelo de gestão tecnológica foi planejado considerando aspectos relevantes da evolução das principais gerações de modelos de inovação até aquele período (Rothwell, 1994). A gestão de portfólio era feita sobre todos os projetos da carteira, assegurando o alinhamento entre o desdobramento estratégico e a priorização dos projetos feita pelos comitês, com a distribuição dos recursos e esforços despendidos na execução dos projetos e a construção das competências críticas. A priorização ganhou extrema relevância, e passaram a ser utilizadas metodologias para tomadas de decisões complexas como o Analytic Hierarchy Process (AHP).

A execução dos projetos era avaliada periodicamente nos comitês operacionais, que eram segmentados por áreas específicas, de acordo com a tecnologia que estava sendo desenvolvida. Estes comitês, que contavam com a participação do Cenpes e das áreas em que a tecnologia seria implantada, é

que tomavam as decisões de avanço e encerramento dos projetos. Após a conclusão de um projeto, é importante notar a particular ênfase do sistema nos resultados e na transferência destes resultados (Figura 6.3), o que previa a comunicação, acompanhamento do uso, a medição dos benefícios e a divulgação e a possível comercialização dos resultados gerados pela inovação.

Figura 6.3 Modelo de gestão tecnológica da Petrobras – primeira geração



Fonte: Dorodame e Monteiro, 1986.

6.3.1.3 A segunda geração do modelo: relacionamento em redes e a escalabilidade da gestão tecnológica

O final da década de 1990 trouxe novos elementos para a dinâmica do sistema de gestão de P&D da Petrobras. A Lei nº 9.478/1997 provocou uma mudança institucional através da quebra do monopólio exercido pela Companhia sobre as atividades de exploração, produção, refino e transporte de petróleo, derivados e gás natural, possibilitando que empresas operadoras e prestadoras de serviços, pudessem competir com a empresa estatal em todos esses segmentos de atividades. Neste contexto, surgiu um novo ator governamental, a Agência Nacional do Petróleo, o órgão regulador encarregado de zelar pelo adequado funcionamento dessa indústria em bases competitivas (Furtado, 2003).

A Lei nº 9.478/1998 em seu texto estabeleceu também a obrigatoriedade de investimento em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), estimulando o desenvolvimento tecnológico e a inovação na indústria de Óleo e Gás (O&G). Essa norma fez com que as Empresas de O&G tivessem que investir compulsoriamente em suas próprias instalações, universidades, empresas de base tecnológica, uma fração de 1% da receita bruta obtida da produção dos campos brasileiros especialmente qualificados pela Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP). Trata-se de uma norma de incentivos ao investimento em PD&I direcionado à indústria de O&G, regulamentada pela ANP em 2005, em seu Regulamento Técnico 05/2005 (ANP, 2005).

Considerando o contexto histórico, é necessário ressaltar dois pontos importantes. O primeiro ponto é que historicamente o percentual definido pela Lei não era muito diferente do investimento praticado pela empresa, o que viria apenas a reforçar o papel histórico da Petrobras como agente do Sistema Nacional de Inovação. O segundo ponto é que a trajetória de desenvolvimento tecnológico da empresa até então, tinha sido em forte parceria com as Universidades no Brasil e no Exterior. Essa trajetória que até então se mostrava vitoriosa, enfrentou um novo desafio: o aumento do volume de produção de petróleo na Bacia de Campos e nos novos campos desenvolvidos, elevando o investimento necessário.

É nessa fase que o modelo de gestão passa a dar mais foco em sua atuação em escala. Do ponto de vista metodológico, o sistema de gestão tecnológica passa a dar mais ênfase ao ambiente externo, valorizando como insumos, além do Plano Estratégico da Petrobras, as tendências do ambiente de negócios da indústria de energia e principalmente as normas e regulamentações da indústria. Essa mudança é refletida no modelo do processo de gestão tecnológica (Figura 6.4), assim como nos princípios norteadores do processo que passariam a ser os de alinhamento com o negócio, o foco em resultados, a implantação de soluções tecnológicas, e a integração com parceiros e a construção de capacidade local na indústria e nas universidades (Fraga, 2010).

A experiência prática demonstrou que o aumento de escala dos investimentos e a nova arquitetura institucional levaram ao aumento da intensidade na troca de informações e conhecimentos técnicos e de gestão com os parceiros tecnológicos, inviabilizando a alternativa de relacionamento com que a Empresa vinha atuando até então. Neste cenário, o modelo de organização em redes passou a ser uma alternativa natural para o sistema de gestão da tecnológica, em paralelo com a evolução dos conceitos de redes intra e interorganizacionais (Baker, 1992). Além disso, a experiência de relacionamento

com as universidades e a emergência dos conceitos que seriam concatenados sob o paradigma de inovação aberta (Chesbrough, 2003) levaram a Petrobras a explorar um novo modelo de organização para enfrentar o desafio da escala do seu sistema de gestão tecnológica.

Figura 6.4 Modelo de gestão tecnológica da Petrobras – segunda geração

Fonte: Relatórios internos do Cenpes.

Do ponto de vista da captura de oportunidade e da sinergia com os parceiros externos, a empresa adotou um modelo de redes interorganizacionais chamado de Redes Temáticas e Núcleos Regionais, que foram construídas a partir do direcionamento tecnológico da empresa, de modo a atender necessidades tecnológicas presentes e futuras da Companhia. A primeira estratégia para as redes foi a do desenvolvimento da infraestrutura necessária à pesquisa e desenvolvimento. Em função do seu desenvolvimento histórico, a rede de inovação da Petrobras está concentrada geograficamente na região Sudeste, com um *cluster* expressivo de empresas e universidades próximos ao Cenpes, ou seja, no entorno da Cidade Universitária.

Sob a ótica interna, também foram constituídas redes intraorganizacionais. Durante este período foram mapeadas e desenvolvidas as Redes de Inteligência Tecnológica, comunidades de especialistas em áreas estratégicas que apoiavam o sistema de gestão através da análise técnica para suporte à tomada de decisão nos diversos níveis. Além disso, diversos grupos nas gerên-

cias do Cenpes e de todas as áreas da empresa passaram a se auto-organizar com objetivo de compartilhar as mesmas práticas, interesses ou problemas ou lições aprendidas em projetos. Este modelo de rede intraorganizacional se espalhou pelas diversas áreas de projeto da Companhia, que adotaram as estruturas de comunidades de práticas, suportadas pelo avanço dos sistemas de informação (Melo e Satamini, 2007).

O ganho de escala através do modelo de redes trouxe outros desafios para o modelo de gestão tecnológica. É comum em modelos de redes, a definição de responsabilidades e tarefas entre os agentes ser relativamente fluida, demandando uma integração das informações nos diferentes estágios do processo de P&D. De uma forma geral, o cenário de avanço das ferramentas computacionais, em conjunto com o aumento de intensidade no fluxo de informações na gestão dos projetos de P&D demandaram uma nova abordagem.

A literatura sobre teoria da organização há muito tem sugerido que uma função-chave de uma organização é para processar a informação (Galbraith, 1977). Esta perspectiva de processamento de informação também foi abordada na literatura para a gestão de P&D, tratando o processo P&D como um processo pelo qual a organização transforma dados sobre oportunidades e possibilidades técnicas em tecnologias e ativos de informação, que são criados, selecionados, armazenados, combinados, decompostos, e transferidos entre os diversos meios de comunicação, incluindo os cérebros humanos, papel, memória de computador, *software* e materiais físicos (Clark e Fujimoto, 1991).

6.3.1.4 A terceira geração: gestão de projetos de P&D e controle

Com a adoção do modelo de redes ocorreu o amadurecimento da visão do papel do projeto de P&D. O projeto deixou de ser a "menor unidade organizacional do Cenpes" e passou a ser entendido como um processo no qual o conhecimento dos indivíduos é incorporado em um produto e nos registros do produto e do processo, através da execução de tarefas conhecimento-intensivas completadas em determinado período de tempo (Davenport e Prusak, 1997; Boissot, 1999).

A abordagem baseada no processamento de informações sugere que as informações e competências são incorporadas nas rotinas de uma organização pela geração, armazenamento, recuperação, interpretação e transmissão de informações para fins de resolução de problemas através dos projetos de P&D (Gino *et al.*, 2006). O processo de P&D pode ser visto como uma série de

ciclos de resolução de problemas, que usam métodos diferentes, tais como simulações de computador, experimentos de laboratório, testes de protótipos, e pesquisa de mercado para produzir ou adquirir dados.

Em essência, cada rodada de experimentação/teste gera dados. Estes dados são então transformados em informação por meio de um processo de interpretação dos agentes que participam do processo. À medida que a informação se acumula, a incerteza sobre as perspectivas de um determinado projeto é reduzida, pois a experimentação "acrescenta" informações para projetos. A taxa em que este processo ocorre varia entre tecnologias, devido a diferenças no conhecimento científico, a disponibilidade de bons modelos causais, e ao acúmulo de experiência empírica prévia (Gino e Pisano, 2005).

Assim, projetos de P&D individuais são repositórios de informações que são atualizados através da experimentação e aprendizagem. No início de um projeto, o conjunto de informações pode ser relativamente escasso, mas no momento em que um produto chega ao fim de seu desenvolvimento, a empresa tem informações relativamente completas sobre o produto e o projeto do produto (Clark e Fujimoto, 1991). Não há informação perfeita sobre um projeto de P&D, pois mesmo que a empresa acumule grandes massas de dados e várias rodadas de experimentação, sempre existe alguma incerteza residual (Gino e Pisano, 2005; Silverberg e Verspagen, 2006).

Como a forma como a informação se acumula ao longo do ciclo de desenvolvimento pode variar entre os contextos (Gino e Pisano, 2005), a escolha do sistema tecnológico foi a de contar com a estrutura de um Escritório de Projetos (PMO) no Cenpes. O PMO, mais do que uma estrutura organizacional, tinha o papel de estruturar os processos e organizar pessoas, tecnologia e a cultura de inovação, para garantir a acumulação das informações estratégicas, assim como a sua organização e síntese para a tomada de decisão. Embora a sua origem remonte à década de 1950, associado a grandes projetos militares, construção civil e indústria aeroespacial, apenas na década de 1990 se generalizou aos mais diversos setores de atividade e ganhou novas competências, como a definição de metodologias, formação e planeamento estratégico para o aperfeiçoamento da gestão de projetos (kerzner, 2009, p. 956).

A estruturação dos fluxos de informação necessitou do suporte de metodologias de planejamento e de engenharia de sistemas. Do ponto de vista computacional, a necessidade de ferramentas se acentuou, culminando com a introdução de soluções específicas de suporte ao fluxo de colaboração com os parceiros. Na ótica metodológica, o PMO adotou diversas ferramentas de gestão de projetos, em linha com as melhores práticas (NASA, 2010), levando a dis-

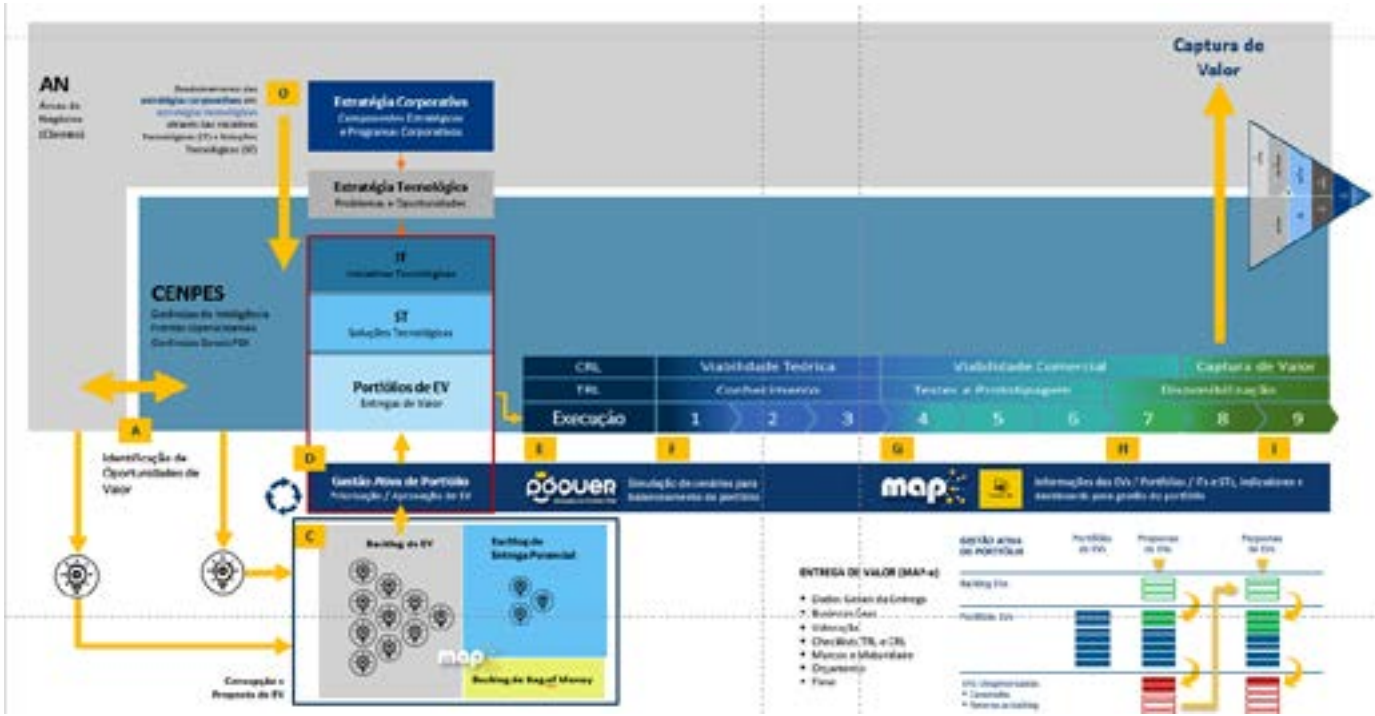
seminação do uso dos *roadmaps* tecnológicos, da gestão pelos marcos críticos (*milestones*) para os projetos de PD&I e do uso do grau de maturidade tecnológica (*Technology Readness Level* – TRL) como medida do monitoramento do avanço da inovação. Com efeito, as informações foram estruturadas em pacotes de suporte à decisão distribuídos durante o ciclo de vida dos projetos de P&D, utilizando a governança desenvolvida na primeira geração do modelo.

É importante ressaltar a introdução do TRL no sistema de gestão tecnológica da Petrobras. A prontidão da tecnologia mede até que ponto uma tecnologia é adequada para implantação em um ambiente operacional e é frequentemente usada como uma medida de risco associada à introdução de novas tecnologias em sistemas existentes e procedimentos operacionais padrão. Ela é avaliada subdividindo o processo de desenvolvimento de tecnologia em uma série de etapas claramente definidas (mas não necessariamente lineares) tendo em vista um esquema geral de gradação de prontidão. Um nível suficiente de prontidão de tecnologia é pré-requisito para uma transição bem-sucedida de pesquisa de uma ideia, para um experimento de laboratório e, finalmente, para uma aplicação operacional real uma vez que o risco associado a transição e a adoção de tecnologia podem ser mitigadas pela prontidão das tecnologias (Lin *et al.,*2007). Mais do que isso, sugere-se uma relação inversa significativa entre prontidão de tecnologia e riscos de adoção de tecnologia em níveis mais elevados de TRL sinalizam riscos mais baixos, enquanto que níveis mais baixos Denota Um Nível Mais Elevado De Riscos (Walczuch, 2007).

6.4 A Quarta Geração da Gestão da Inovação na Petrobras: Gestão Ativa do Portfólio

A crescente complexidade das tecnologias, além dos ciclos de vida mais curtos dos produtos reforçaram a função P&D como fonte de estratégia e vantagem competitiva. Mais do que isso, o empreendedorismo passou a ser um fenômeno socioeconômico global, envolvendo governos, universidades, empresas e indivíduos. O ecossistema empreendedor, composto por um conjunto de atores empresariais interligados, organizações empresariais (empresas, capital de risco, investidores anjos, bancos), instituições (universidades, órgãos do setor público, organismos financeiros) e processos empresariais que se juntam para se conectar, mediar e gerir o desempenho dentro do ambiente empresarial local (Mason, 2014), ampliou o escopo Sistemas Nacionais de Inovação, que passaram a ser entendidos como Ecossistemas de Inovação (Oh, 2016).

Figura 6.5 Modelo de gestão tecnológica da Petrobras – quarta geração



Fonte: Relatórios internos do Cenpes.

Com isso, o sistema de gestão tecnológica também evoluiu, passando a ser um sistema de gestão da inovação. O foco do processo passou a ser uma seleção rigorosa do portfólio e após a conclusão dos projetos de pesquisa, a transferência dos projetos para aplicação, além da estruturação do acesso ao ecossistema empreendedor. A perspectiva de portfólio, em que um conjunto ou subconjunto de projetos de P&D é avaliado em relação uns aos outros (Cooper *et al.*, 1998; Mikkola, 2001; Cooper *et al.*, 2008) passou a ser fundamental, assim como o gerenciamento do esforço multifuncional, envolvendo muitas partes interessadas, especialistas nos temas assunto bem como as contribuições dos parceiros nas pesquisas.

Sob a ótica de gestão do portfólio, a captura do valor da inovação está intimamente ligada à implantação e uso. O foco deixa de ser o projeto de P&D, que representa o processo de acumulação, e passa a ser a entrega final do projeto, onde o conhecimento e a informação acumulados são codificadas (Boisot, 1999). A estruturação do fluxo de informação permitiu o melhor gerenciamento das incertezas e riscos associados ao PD&I (Lasso, 2020), levando a diversificação dos itens de portfólio de PD&I em função do risco. Com isso, o portfólio de PD&I da Petrobras passou a ser estruturado e monitorado pelas suas diversas formas de Entrega (Entregas de Valor, Entregas Potenciais, Entregas de Assistência Técnico-Científica, entre outras).

As Entregas, que possuem atributos bem definidos, permitem uma seleção rigorosa do portfólio, com base no valor estimado do benefício esperado pela inovação e dos riscos associados ao processo de desenvolvimento técnico medido pela métrica do *Technology Readiness Level* (TRL) e o risco de implantação, monitorado pela métrica do *Commercial Readiness Level* (CRL). Como, historicamente o processo de desenvolvimento tecnológico da Petrobras ocorreu através de uma forte interação com Universidades e Empresas, novas ações de gestão de inovação foram desenvolvidas para permitir a interação com o Ecossistema de Inovação.

Através da aplicação de conceitos de Inovação Aberta (Chesbrough, 2003) e Gestão do Ecossistema de Inovação (Adner, 2006), e com base na diversificação rentável, no alinhamento de papéis e expectativas e na busca pela convergência de objetivos, parte da fórmula de sucesso do desenvolvimento tecnológico da Petrobras ao longo dos anos, foi estruturado o programa Conexões Petrobras para Inovação, composto por seis módulos que buscam intensificar a cooperação com o ecossistema de inovação, incluindo *startups*, instituições científicas e tecnológicas, pesquisadores empreendedores, em busca de soluções de alto impacto em geração de valor.

1. **Painel de Desafios:** o módulo Painel de Desafios compreende a divulgação de oportunidades de inovação para atrair a criação e experimentação de produtos, serviços, projetos e ideias que potencializem a geração de valor para o negócio impulsionados pelo relacionamento com *startups*, *big techs* e outros *players*. Este conjunto de oportunidades de iniciativas, permitem, além de mapear os principais atores do mercado, aproximar e impulsionar os relacionamentos da Petrobras com o ecossistema de inovação.
2. **Ignição:** o Módulo Ignição, promovido em parceria com a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), busca fomentar a experimentação e o empreendedorismo, desafiando grupos de jovens a co-criarem soluções para a transformação digital do setor de óleo e gás. A duração de cada edição é de quinze meses e os participantes são alunos de qualquer área e de qualquer universidade do Brasil.

   O módulo conta com uma metodologia exclusiva, que se baseia na multidisciplinaridade e promove o desenvolvimento de comportamentos do profissional do século XXI, levando os participantes a desenvolverem projetos inovadores, utilizando tecnologias emergentes (*Blockchain*, Inteligência Artificial, Internet das Coisas etc.), ao mesmo tempo em que aprendem, usufruindo do *know-how* da Universidade e do conhecimento de mercado da Petrobras.
3. ***Startups:*** no Módulo *Startups*, desenvolvido em parceria com o Sebrae, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, selecionamos parceiros não tradicionais para contribuir para a descoberta de soluções tecnológicas e de negócios disruptivas. As *startups* selecionadas têm oportunidade de desenvolver soluções e modelos de negócios já acessando uma fatia relevante do mercado: a demanda da Petrobras, com potencial de escalar na indústria nacional e internacional. Nas edições 2019 e 2020, reconhecemos 23 *startups* nacionais, distribuídas em oito estados brasileiros e contratamos 20 delas.

   A edição de 2021 teve o investimento total de R$ 22 milhões, o maior edital de inovação no setor de óleo, gás e energia voltado para *startups* e pequenas empresas já aberto no Brasil. São projetos de R$ 500 mil e de até R$ 1,5 milhão, a depender da categoria do desafio, que abrange as áreas de eficiência energética, tecnologia de segurança, robótica, redução de carbono, modelagem geológica, tecnologia de inspeção e tecnologia digital.
4. **Parcerias Tecnológicas:** trata-se de uma extensão da trajetória de parcerias com universidades e institutos de pesquisa. Com a aplicação

das Diretrizes para Parcerias, a Petrobras disponibiliza através deste módulo oportunidades de parceria em projetos de PD&I, em uma estratégia de inovação aberta associada à potencial geração de valor.

5. **Teste de Soluções:** a diversificação rentável é um pilar fundamental, possibilitando múltiplas fontes de inovação e potencial fonte de novas receitas. Sendo assim, o módulo Teste de Soluções é a parte da estratégia de inovação aberta que tem por objetivo buscar empresas que apresentem soluções validadas ou em fase de validação, com potencial para atender os desafios da Petrobras em um ciclo mais curto de inovação.

   Este módulo busca a implantação de ideias criativas com alto potencial de impacto em produtividade ou segurança no setor de petróleo, gás e energia, acelerando o desenvolvimento do nosso ecossistema de inovação. O processo envolve execução de testes em ambiente real de aplicação, de modo a avaliar o desempenho das soluções e agregação de valor ao negócio, além do atendimento aos nossos requisitos técnicos e de segurança.

6. **Módulo Transferência de Tecnologias:** o Módulo de Transferência de tecnologias tem como objetivo permitir que terceiros possam desenvolver e explorar tal conhecimento em novos produtos, processos, aplicações, materiais e serviços por meio de concessão de licenças. Como premissa elementar, o licenciamento de tecnologias da Petrobras para terceiros pode e deve ser encarado como uma maneira de aprimorar, acelerar, e/ou viabilizar a implementação de produtos, equipamentos ou processos, desenvolvidos por si ou através de parcerias.

Considerações Finais

Uma boa gestão do processo de inovação é uma ferramenta fundamental para a competição das empresas em diversos setores. Os processos de gestão vão desde ferramentas de prospecção tecnológica e de acompanhamento das tendências tecnológicas mundiais, até o processo de seleção e priorização de projetos de pesquisa dentro da empresa, terminando em mecanismos de avaliação de resultados desses projetos.

A Petrobras é uma das líderes mundiais no setor de petróleo e gás e, ao longo dos últimos anos, aprimorou substantivamente o seu processo de gestão, seja dos projetos de P&D realizados internamente, seja dos projetos contratados junto a instituições de pesquisa e outras empresas. A análise das diferentes gerações de modelos de gestão da empresa, realizada neste trabalho, comprova esse avanço.

Os novos processos de gestão implementados, permitem um acompanhamento mais rotineiro do andamento e dos resultados dos projetos. Existe ainda, espaço para avançar em técnicas e metodologias de avaliação de resultados e de custo-efetividade, utilizando modelos como Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) apresentado em outro capítulo deste livro. Para isso, é fundamental a integração de informações de diversas fontes e o contínuo aprimoramento dos indicadores de monitoramento utilizados.

Referências

Abbassi, M.; Ashrafi, M.; Tashnizi, E. S. 2014. "Selecting Balanced Portfolios of R&D Projects with Interdependencies: A Cross-Entropy Based Methodology". Technovation 34 (1): 54-63. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.09.001.

Acha, V.; Cusmano, L. 2005. "Governance and co-ordination of distributed innovation processes: patterns of R&D co-operation in the upstream petroleum industry". Economics of Innovation and New Technology 14 (1-2): 1-21. https://doi.org/10.1080/1043859042000228651.

Ron, A. Match Your Innovation Strategy to Your Innovation Ecosystem. Harvard Business Review, April 2006 (2006).

Alexy, O.; Dahlander, L. 2013. "Managing open innovation". In Handbook of Innovation Management.

Baker, W. E. The network organization in theory and practice. In: NOHRIA, N.; ECCLES, R. G. (Eds.). Networks and organizations: structure, form, and action. Boston: Harvard Business School Press, 1992. p. 397-429.

Bekkum, S.; Pennings, E.; Smit, H. 2009. "A Real Options Perspective on R&D Portfolio Diversification". Research Policy 38 (7): 1150-58. https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.03.009.

Bereznoy, A. 2019. "Catching-up with supermajors: the technology factor in building the competitive power of national oil companies from developing economies". Industry and Innovation 26 (2): 127-57. https://doi.org/10.1080/13662716.2018.1467311.

Boisot M.; Cox, B. 1999. The I-Space: a framework for analyzing the evolution of social computing. Technovation 19, 525-536.

Chanaron J. J.; Jolly, D. 1999. Technological management: expanding the perspective of management of technology. Management Decision 37/8 613-620.

Chesbrough, H. W. 2003. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Harvard Business Press.

Clark, K. B., Fujimoto T. 1991. Product Development *Performance*: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry. Harvard Business Press, 1991.

Cooper, R. G. Perspective: The stage-gate idea-to-launch process – update, what's new, and NexGen System. Journal of Product Innovation Management, n.25, p.213:232, 2008.

Cooper, R. G.; Edgett, J. S.; Kleinschmidt, E. J. 1999. "New Product Portfolio Management: Practices and *Performance*". Journal of Product Innovation Management 16 (4): 333-51. https://doi.org/10.1111/1540-5885.1640333.

Cooper, R. G.; Edgett, J. S. Maximizing productivity in product innovation. Research-Technology Management, v. 51, n. 2, p. 47-58, 2008.

Cooper, R. G.; Edgett, J. S.; Kleinschmidt, E. J. Best practices for managing R&D portfolios. Research-Technology Management, v. 41, n. 4, p. 20-33, 1998.

Davenport, T. H.; Prusak, L. 1997. Information Ecology: Mastering the Information and Knowledge Environment. NY: Oxford University Press

Dennis, R.; Tim, J.; Roodhart, L. 2012. "Technology Foresight: The Evolution of the Shell GameChanger Technology Futures Program". In Sustaining Innovation: Collaboration Models for a Complex World, organizado por Steven P. MacGregor e Tamara Carleton, 153-65. Innovation, Technology, and Knowledge Management. New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2077-4_11.

Dunphy, S. M.; Herbig, P. R.; Howes, M. E. 1996. "The Innovation Funnel". Technological Forecasting and Social Change 53 (3): 279-92. https://doi.org/10.1016/S0040-1625(96)00098-4.

Ehrlich, P. J.; Moraes, E. A. 2005. Engenharia econômica: avaliação e seleção de projetos de investimento. Atlas.

Eilat, H.; Golany, B.; Avraham S. 2008. "R&D Project Evaluation: An Integrated DEA and Balanced Scorecard Approach". Omega 36 (5): 895-912. https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.05.002.

Evensen, O.; Lin, S.; Womack, D. 2020. "Essential Tactics to Foster Innovation in Oil and Gas". IBM Institute for Business Value. https://www.ibm.com/downloads/cas/VOJ540GZ.

Fleischer, G. A. 1969. Capital allocation theory: the study of investment decisions. New York: Appleton-Century-Crofts.

Fraga, C. T. C. 2010. Estratégia tecnológica Petrobras. Parcerias Estratégicas, 15(31), pp. 17-26.

Furtado, A. T. Mudança institucional e inovação na indústria brasileira de petróleo. Revista Brasileira de Energia, v. 9, n. 1, 2003.

Galbraith J. R. 1977. Organization design. Addison Wesley: Reading, MA.

Gino, F.; Pisano, G. P. 2005. Holding or Folding? R&D Portfolio Strategy Under Different Information Regimes. Harvard Business School Working Paper, No. 05-072.

Gino, F. et al. 2006. R&D Portfolio Strategy, Diversification And *Performance*: An Information Perspective. Harvard Business School Working Paper, No. 06-59.

Goffin, K.; Mitchell, R. 2010. "Innovation management: strategy and implementation using the pentathlon framework". Palgrave Macmillan: Houndmills, Basingstoke.

Grant, R. M. 2013. "The development of knowledge management in the oil and gas industry". Universia Business Review, n. 40: 92-125.

Iakovleva, T. 2013. "Open Innovation at the Root of Entrepreneurial Strategy: A Case from the Norwegian Oil Industry". Technology Innovation Management Review, 6.

Lasso, S. et al. Exploring the link between uncertainty and project activities in new product development. Journal of Engineering Design, v. 31, n. 11-12, p. 531-551, 2020.

Leitão, D. M. A gestão tecnológica na Petrobras. Revista de Administração, v. 24, n. 2, p. 25-35, 1989.

Leitão, D. M.; Monteiro, O. R. Descrição do sistema de planejamento e administração tecnológica. Rio de Janeiro, Petrobras, Cenpes, abril 1989.

Leitão, D. M.; Monteiro, O. R. O sistema de planejamento do Centro de Pesquisas da Petrobras. Revista de Administração, v. 21, n. 2, p. 48-55, 1986.

Lin, C. H.; Shih, H. Y.; Sher, P. Integrating Technology Readiness into Technology Acceptance:The TRAM Model. Psychology & Marketing 24(7): 641-657, 2007.

Makri, M.; Lane, P. J.; Gomez-Mejia, L. R. 2006. "CEO Incentives, Innovation, and *Performance* in Technology-Intensive Firms: A Reconciliation of Outcome and Behavior-Based Incentive Schemes". Strategic Management Journal 27 (11): 1057-80. https://doi.org/10.1002/smj.560.

Mankins, J. C. 2009. "Technology Readiness and Risk Assessments: A New Approach". Acta Astronautica 65 (9): 1208-15. https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.059.

Mason, C.; Brown, R. Entrepreneurial ecosystems and growth oriented entrepreneurship. Final report to OECD, Paris, v. 30, n. 1, p. 77-102, 2014.

Matheson, D.; Matheson, J. (1997) The smart organization: creating value through strategic R&D. Boston, Massachusetts, Harvard Business Review Press.

Melo, M. P.; Sattamini, S. R. A criação de comunidades virtuais na Petrobras. 2007.

Mikkola, J. H. Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. Technovation, v. 21, n. 7, p. 423-435, 2001.

Monteiro, O. R.; Leitão, D. M.- Metodologia de pesquisa para o Cenpes. Rio de Janeiro, Petrobras, Cenpes, abril 1972.

Morais, J. M. 2013. Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da PETROBRAS na exploração e produção offshore. Brasilia: IPEA. http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1147.

O'Connor, G. C. 2008. Grabbing Lightning: Building a Capability for Breakthrough Innovation. John Wiley & Sons.

Oh, D-S. et al. Innovation ecosystems: A critical examination. Technovation, v. 54, p. 1-6, 2016.

Pellegrini, L.; Lazzarotti, V.; Pizzurno, E. 2012. "From outsourcing to Open Innovation: A case study in the oil industry". International Journal of Technology Intelligence and Planning 8 (junho): 182-96. https://doi.org/10.1504/IJTIP.2012.048476.

Perrons, R. K. 2014. "How Innovation and R&D Happen in the Upstream Oil & Gas Industry: Insights from a Global Survey". Journal of Petroleum Science and Engineering 124 (dezembro): 301-12. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2014.09.027.

Phillips, N. 2014. "Organizing Innovation". The Oxford Handbook of Innovation Management. 1o de janeiro de 2014. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199694945.013.028.

Project Management Institute (PMI). Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (PMBoK Guide). 5a. ed. Newtown (PA): PMI, 2014.

Ramírez, R.; Roodhart, L.; Manders, W. 2011. "How Shell's Domains Link Innovation and Strategy". Long Range Planning 44 (4): 250-70. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2011.04.003.

Ransley, D. L.; Rogers, J. L. 1994. A consensus on best R&D practices. Research Technology Management, v. 37. N. 2. p. 19-26.

Rothwell, R. Towards the fifth-generation innovation process. International marketing review, 1994.

Roussel, P. A.; Saad, K. N.; Bohlin, N. 1991. Third Generation R & D: Managing the Link to Corporate Strategy, Harvard Business Review Press.

Shah, C. M.; Zegveld, A. M.; Roodhart, L. 2008. "Designing Ventures That Work". Research-Technology Management 51 (2): 17-25. https://doi.org/10.1080/08956308.2008.11657491.

Shehabuddeen, N.; Probert, D.; Phaal, R. 2006. "From Theory to Practice: Challenges in Operationalising a Technology Selection Framework". Technovation 26 (3): 324-35. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.017.

Silverberg, G.; Verspagen, B. Self-organization of R&D search in complex technology spaces. Journal of economic interaction and coordination, v. 2, n. 2, p. 211-229, 2007.

Thuriaux-Aleman, B.; Salisbury, S.; Dutto, P. R. 2010. "R&D Investment Trends and the Rise of NOCs". Journal of Petroleum Technology 62 (10): 30-32. https://doi.org/10.2118/1010-0030-JPT.

Urstadt, B. 2006. "The Oil Frontier". MIT Technology Review 109 (3). https://www.technologyreview.com/2006/07/01/228694/the-oil-frontier/.

Verloop, J. 2006. "The Shell Way to Innovate". International Journal of Technology Management 34 (3/4): 243. https://doi.org/10.1504/IJTM.2006.009458.

Weijermars, R. 2009. "Accelerating the Three Dimensions of E&P Clockspeed – A Novel Strategy for Optimizing Utility in the Oil & Gas Industry". Applied Energy 86 (10): 2222-43. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.01.019.

Yanadori, Y.; Cui, V. 2013. "Creating Incentives for Innovation? The Relationship between Pay Dispersion in R&D Groups and Firm Innovation *Performance*". Strategic Management Journal 34 (12): 1502–11. https://doi.org/10.1002/smj.2071.

Zedtwitz, M. von; Friesike, S.; Gassmann, O. 2014. "Managing R&D and New Product Development". The Oxford Handbook of Innovation Management, 530-47. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199694945.013.022.

7

Eficiência dos Projetos de P&D da Petrobras

Patrick Franco Alves
João Alberto De Negri

7.1 Métodos para Avaliação de Projetos de P&D

A literatura sobre o desempenho financeiro de projetos de P&D geralmente utiliza de fluxos de caixa descontados, tais como recebimentos, pagamentos e uma taxa de desconto para estimativa de projeção de fluxos de caixa (Santos, 2014; Ehrlich e Moraes, 2005). Entre as principais técnicas podemos citar: Payback[1], Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE). Esses métodos análise de projetos mensuram os retornos de investimentos no curto e longo prazo, levando em conta o valor do dinheiro no tempo, a taxa de juros, a desvalorização da moeda e os retornos monetários.

O VPL é um método utilizado para determinar o valor presente de pagamentos futuros, empregando uma taxa de juros para descontar os fluxos de

[1] Indicador do tempo de retorno de um investimento.

caixa e trazê-los para um único ponto no tempo (Rodrigues, 2014). Dessa forma, os projetos de P&D podem ser comparados a partir de um mesmo parâmetro: o seu valor presente líquido em termos monetários. O método da taxa interna de retorno requer o cálculo da taxa que zera o valor presente dos fluxos de caixa. Os investimentos com TIR maior que a taxa mínima de atratividade são consideráveis rentáveis e viáveis. Por sua vez, o método do VAUE também possibilita determinar a vida econômica de equipamentos. Este método também utiliza uma taxa mínima de atratividade para determinar os custos ao longo do tempo. Por fim, o indicador Payback permite estimar o prazo necessário para se recuperar o investimento realizado.

As limitações desse método são encontradas nos seus pressupostos, tais como, a impossibilidade de incorporação de incertezas no mercado, e no pressuposto de que a taxa de juros é conhecida para todos os períodos. Entretanto, uma vez superados tais pressupostos, não existe nenhuma dificuldade em se calcular os retornos esperados de um investimento, podendo-se estabelecer com contas simples e relativa precisão qual o investimento inicial e quais os fluxos esperados de receita de caixa no futuro.

As abordagens de fluxo de caixa descontado, VPL, Payback, TIR, VAUE e retorno do investimento, ignoram múltiplos fatores que impactam a seleção de projetos, além de serrem limitadas para lidar com as diversas fontes de incerteza (Santos, 2016). Na gestão de projetos de P&D, mesmo os investimentos iniciais já estão sujeitos a alguns riscos, alguns dos quais não são completamente previsíveis. Por exemplo, quando a rota escolhida para a solução de um problema técnico não é bem-sucedida, e verifica-se ser mais eficiente escolher outro caminho. Tais dificuldades também podem ser mapeadas na estimativa das receitas de projeto de P&D, as quais dependem não somente do sucesso tecnológico no desenvolvimento da solução, mas também do tamanho do mercado, aceitação dos consumidores e das ações dos concorrentes.

Entre os métodos usados para avaliar carteiras de P&D, os métodos puramente econômicos e financeiros podem dar uma boa estimativa dos retornos. No entanto, as técnicas econômicas devem necessariamente monetizar os itens individualmente. Em situações de incerteza, essas técnicas enfrentam problemas para chegar aos melhores resultados, justamente pela dificuldade em valorar coisas como alinhamento estratégico da inovação ou o próprio sucesso de mercado da inovação. De fato, muitas empresas, embora utilizem avaliações de custos para comparar seus projetos de P&D, preferem não usar estimativas de receitas para esses projetos em virtude do grau de erro e incerteza que pode estar associado a esses cálculos. Assim, preferem optar

por critérios qualitativos para a avaliação dos seus projetos de P&D (Santos, 2016). A relevância do projeto e sua aderência à estratégia da empresa, por vezes, é o critério principal para a alocação de dinheiro em diferentes projetos. Essa é uma avaliação subjetiva realizada pelos líderes da empresa, muitas vezes mais relevante que as medidas financeiras disponíveis, incapazes de incorporar aspectos estratégicos não monetizáveis.

Há diversos outros critérios alternativos que podem ser utilizados para avaliar os projetos de P&D. Apesar desses métodos alternativos não envolverem valoração econômica, podem ser extremamente úteis. O tempo de maturação de um projeto, por exemplo, é um critério extremamente relevante, pois mesmo que não se tenha uma estimativa precisa do fluxo futuro de receitas, sabe-se que alguns demorarão mais do que outros para começar a gerar esses resultados. Outro critério existente é a novidade, ou inovatividade, de um projeto, que geralmente está associado a um risco maior. As possíveis aplicações do projeto com outros produtos da empresa também são variáveis relevantes a serem consideradas, bem como características intrínsecas do projeto, a exemplo do volume de recursos aplicados, e número de pessoas envolvidas, entre outros. Uma adequada tipificação dos projetos, classificando-os projetos de pesquisa básica, aplicada ou de desenvolvimento e engenharia também é útil no entendimento do portfólio da empresa. De modo geral, é saudável perseguir um portfólio diversificado em termos de maturidade tecnológica, pesquisa básica, risco tecnológico, retornos de investimento, prazo de retorno.

Esses e critérios que compõem a avaliação dos projetos de P&D foram mapeados anteriormente em Abbassi;, Ashrafi e Tashnizi (2014), que destacam como fatores relevantes: (i) a lucratividade esperada do projeto; (ii) a experiência da equipe de pesquisa envolvida; (iii) a infraestrutura disponível para o desenvolvimento do projeto existente na empresa ou em instituições de pesquisa; (iv) a apropriabilidade da tecnologia; (v) questões regulatórias e de certificação; e (vi) suporte público para o desenvolvimento do projeto.

Essa série de critérios ou perguntas sobre cada projeto pode dar origem a um sistema de avaliação ou pontuação multicritério, no qual se utilizam diversas variáveis para analisar, classificar e priorizar os projetos de P&D. A ordenação em cada escala pode ser usada para dar suporte à seleção de projetos e ou à tomada de decisões. A pontuação pode ser ponderada, uma vez que é possível atribuir a certos critérios maior importância que a outros. Os projetos também podem ser avaliados a partir de um conjunto de perguntas objetivas a serem respondidas como sim ou não.

Como todos esses são critérios *ad hoc*, para estabelecer a pontuação ou o peso de cada uma opinião de especialistas é um dos principais métodos utilizados. Esses especialistas constituem o pilar dos modelos qualitativos e são utilizados como insumo para outros métodos disponíveis. Como as avaliações se propõem a priorizar e hierarquizar alternativas sob um ambiente de incerteza, algum julgamento subjetivo estará sempre presente. Esse problema é bem mapeado na literatura, conforme apontado por Shehabuddeen *et al.* (2006), que associa a expressão *human-dependent* aos processos de seleção em foco.

Segundo Salles (2015), o uso de especialistas *ad hoc* para avaliação do mérito da pesquisa coincide historicamente com o processo de institucionalização da prática científica, a partir da criação das sociedades e das revistas científicas. Com o tempo, os editores das revistas passaram a designar *referees* com expertise em áreas específicas do conhecimento para fazer o julgamento e a triagem daquilo que deveria ser publicado, originando o que ficou conhecido como *peer review*, ou avaliação pelos pares. Complementarmente, criou-se em algumas revistas o corpo editorial, também com o intuito de ampliar a expertise a partir da constituição de um grupo com conhecimento mais diversos.

As avaliações de projetos de P&D podem estar suportadas por avaliações *ad hoc*, mas é relevante dar destaque a técnicas de interação entre especialistas em métodos de apoio à decisão como Delphi, Q-Sort, Árvores de Decisão etc. Nesses casos, os modelos de avaliação por especialistas *ad hoc* podem ser combinados, pois há processos nos quais os insumos para a decisão derivam do parecer de um especialista ou de um painel de especialistas. São frequentes os casos em que esses processos podem ser combinados, iniciando-se com a avaliação de um especialista seguida de uma revisão das metas de um projeto, como primeiro filtro para a organização, e de um painel de especialistas realizado na sequência, ou vice-versa.

Existem algumas classificações para os métodos quantitativos existentes, tais como: (i) métodos de alinhamento com estratégia; (ii) métodos baseados em scores ou métodos de pontuação envolvendo vários critérios (o estratégico pode ser um deles, mas não é o único); (iii) métodos que usam listas de verificação (*check lists*). Salerno (2015) também exemplifica alguns dos critérios mais utilizados nos modelos qualitativos de pontuação, conforme apresentado na Tabela 7.1. Nesse caso, há a exemplificação de alguns métodos qualitativos de pontuação e suas questões predefinidas, respondidas preferencialmente por um painel de especialistas. Como em todo método, as questões envolvidas, seu peso e a forma como são respondidas e analisadas têm papel decisivo nos resultados e na sua aceitação pelos diferentes atores das

empresas. No modelo da DuPont, por exemplo, são colocadas para o painel de respondentes questões relativas à percepção do desempenho de cada projeto, inclusive sobre faixa esperada de VPL. Isso pode ajudar a mitigar eventual crítica a métodos qualitativos, que não considerariam financeiramente o projeto.

Desde o momento em que é criada a tecnologia, necessita passar por diversas etapas de evolução, até que esteja pronta para o uso ou a comercialização. O *Technology Readness Level* – nível de Maturidade da Tecnologia (TRL) e o nível de Maturidade Comercial (CRL) são métricas que permitem ordenar tecnologias. Nos níveis iniciais dessas métricas consideram somente que existe a ideia de um possível emprego e comercialização da tecnologia. As métricas procuram determinar qual evolução da maturidade ao longo das etapas de desenvolvimento da nova tecnologia, levando em conta os sucessivos testes em protótipos, levantamento de demanda de mercado, regulações necessárias, resposta de fornecedores e clientes potenciais. Desde sua concepção, a nova tecnologia é sujeita a experimentação, simulação, refinamento, prototipagem, até estar pronta para uso e a comercialização. Do ponto de vista comercial, é necessário aperfeiçoar expectativas de vendas e lucro de curto e longo prazos, alinhas expectativas com fornecedores e clientes, atualizar o projeto conforme mudanças recentes no mercado, e obter certificações necessárias e adequar o projeto frete a requisitos de regulações. É nesse contexto que se insere a gestão dos projetos de P&D realizada pelo Cenpes/Petrobras.

Para lidar com as probabilidades de sucesso e fracasso, que mudam rotineiramente ao longo do fluxo do projeto, recentemente tem crescido a utilização da abordagem de opções reais aplicada a projetos P&D (Santos, 2016). A abordagem das opções reais é a extensão de modelos de precificação de opções financeiras para a avaliação de opções reais de ativos não financeiros[2]. Essa forma de avaliação de projetos inspira-se nos cálculos do valor de opções, típicos do mercado financeiro, no qual o investidor pode exercer ou não a opção de compra de determinado ativo em determinado momento do tempo. Utilizando a abordagem de opções reais para o cálculo do valor de projetos de investimento, introduzem-se na avaliação os chamados pontos de decisão, nos quais se pode parar ou continuar o projeto. Em cada ponto de decisão, existe um valor de investimento realizado conhecido e um fluxo de investimentos e receitas futuras ainda sujeito a estimativas. A utilização dessa abordagem reduz, portanto, a incerteza do projeto a cada ponto de decisão.

[2] A teoria de precificação de opções tornou-se importante em finanças a partir do modelo de Black e Scholes (1973).

Tabela 7.1 Critérios para modelo de pontuação para avaliação de projetos de P&D

Empresa	Critério
Celanese Fonte: adaptado por Felipe Lopes (XXX)	• Probabilidade de sucesso técnico • Probabilidade de sucesso comercial • Recompensa • Encaixe com negócio • Alavancagem estratégica
DuPont Fonte: Goffin e Mitchell (2010, p. 2005).	• Alinhamento Estratégico • Valor • Vantagem competitiva • Atratividade de mercado • Encaixe na cadeia de suprimentos existente • Tempo para *break even* • VPL
Hoechst Fonte: Cooper, Edgett e Kleinschmidt (1997)	Recompensa: • Contribuição absoluta para a rentabilidade (fluxo de caixa de 5 anos: dinheiro acumulado menos todos os custos de caixa, antes de juros e impostos). • Retorno tecnológico: número de anos para igualar, no fluxo de caixa cumulativo, todos os custos em dinheiro despendidos antes de começar. • Hora de início da operação comercial (anos). Estratégia de Negócios: • Congruência: quão bem o programa se encaixa na estratégia (explícita ou implícita) para a linha de produtos, negócios e/ou empresa. • Impacto: o impacto financeiro e estratégico do programa sobre a linha de produtos e negócios (de "mínimo" para "crítico"). Alavancagem Estratégica: • Direitos de propriedade (de "facilmente copiados" para "bem protegido via patentes, segredos comerciais" etc.). • Plataforma de crescimento (de "*one of a kind*" para "abre novas áreas técnicas e comerciais"). • Resistência: a vida útil do produto no mercado (em anos). • Sinergia com outras operações/negócios dentro da corporação. Probabilidade de sucesso comercial: • Existência de necessidade de mercado. • Maturidade do mercado (de "declínio" para "crescimento rápido") • Intensidade competitiva: o quão difícil ou intensa a competição é. • Existência de aplicações comerciais e habilidades de desenvolvimento (de "nova" para "já em vigor") • Suposições comerciais (de "baixa probabilidade" para "altamente previsível") • Impacto regulamentar/social/política (de "negativo" para positivo"). Probabilidade de Sucesso técnico: • *Gap* técnico (de "grande lacuna" para "melhoria incremental") • A complexidade do programa (de "muitos obstáculos" para "simples"). • Existência de habilidade na base tecnológica (de "nova para nós" para "amplamente praticada na empresa"). • Disponibilidade de pessoas e instalações (marcados a partir de "deve contratar/ construir" a "imediatamente disponíveis").

Fonte: Adaptado de Salerno (2015).

Os dados do sistema de gestão de P&D do Cenpes (MAP) possuem um total de 1341 projetos, classificados em cinco tipologias: Estudo e Caracterização, Infraestrutura Processo e Metodologia, Processo e Metodologia, Pro-

duto e *Software*. Os projetos são administrados por 419 gestores, e a maior parte dos projetos de P&D sob gestão do Cenpes encontram-se classificados na tipologia de Processo e Metodologia (35,8%) e *Software* (28,0%). Quanto ao status, existem 697 (52,0%) em execução, 219 (16,3%) em elaboração, 49 (3,7%) projetos disponibilizados, 92 (6,9%) projetos implementados, e 284 (21,2%) projetos cancelados.

Entre as variáveis disponíveis para análise destaca-se:

- VPL_PD: Valor Presente Líquido
- VLR_PROJETADO_FUTURO: Valor Projetado Futuro
- VLR_REALIZADO: Valor Realizado
- TRL: Nível de prontidão tecnológica (*Technolgy Readiness Level*) representa a maturidade técnica de uma determinada tecnologia.
- CRL: Nível de Maturidade Comercial (*Comercial Readiness Level*) avaliar o nível de comercialização das tecnologias frente ao mercado.
- FN_MATURIDADE: Indicador de maturidade do projeto, derivado dos indicadores TRL e CRL.

A utilização de uma tipologia de maturidade tecnológica de conhecimento e uso por outras agencias de pesquisa, permite que diferentes atores tenham uma compreensão unificada do estágio de desenvolvimento de uma tecnologia. O conhecimento equalizado a respeito da maturidade da tecnologia entre cientistas, tecnologistas, donos de produto, gerentes de P&D e governo, possibilita maior agilidade em processos de tomadas de decisões relativas ao desenvolvimento e à transição da tecnologia. Assim, facilitando decisões de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), gestão de riscos, financiamento da tecnologia e decisões de transição da tecnologia. A Tabela 7.2 apresenta o detalhamento dos níveis tecnológicos, enquanto a Tabela 7.3 apresenta uma descrição dos níveis de prontidão comercial.

Tabela 7.2 Descrição dos níveis de prontidão tecnológica (*Technolgy Readiness Level*)

Nível TRL	Descrição
1. Princípios básicos observados e relatados	Este é o "nível" mais baixo de maturidade, onde ocorre a tradução da pesquisa científica para pesquisa aplicada.
2. Conceito de tecnologia	Aplicações práticas podem ser inventadas ou identificadas. Esse nível ainda é especulativo: não há prova experimental para apoiar a hipótese.
3. Função crítica e prova de conceito	Início da pesquisa e desenvolvimento (P&D). Estudos analíticos definem a tecnologia em um contexto apropriado, experimentos em laboratório e validação de uma "prova de conceito".

Tabela 7.2 Descrição dos níveis de prontidão tecnológica (*Technolgy Readiness Level*) (*Cont.*)

Nível TRL	Descrição
4. Validação de componentes / protótipo em ambiente de laboratório	Os elementos tecnológicos básicos são ser integrados para que as "partes" funcionem em conjunto visando um protótipo. Essa validação deve ser compatível com as exigências de aplicações potenciais.
5. Validação de componentes / protótipo em ambiente relevante	Os elementos tecnológicos básicos são integrados com elementos de razoavelmente realistas para que as aplicações sejam testadas num ambiente "simulado" pouco realista.
6. Demonstração do protótipo em um ambiente relevante	Aumenta a fidelidade da demonstração da tecnologia. Testa-se um modelo ou protótipo de sistema ou sistema representativo – que vão muito além *ad hoc* – num ambiente relevante.
7. Demonstração do protótipo do sistema em um ambiente real	Exige-se um protótipo com demonstração real. O protótipo deve estar perto da escala real e a demonstração deve ter lugar no espaço real.
8. Qualificação do sistema por meio de teste e demonstração	Termina o desenvolvimento do sistema para a maioria dos elementos de tecnologia. Isso pode incluir a integração de novas tecnologias em um sistema existente.
9. Comprovação do sistema por meio de missões bem-sucedidas	Pequenos ajustes finais, podendo incluir a integração de novas tecnologias em um sistema existente. Não inclui a melhoria planejada do produto de sistemas contínuos ou reutilizáveis.

Fonte: Adaptado de Quintella *et al.* (2019).

Tabela 7.3 Descrição dos níveis de prontidão comercial (*Comercial Readiness Level*)

Nível CRL	Descrição
1. Hipóteses básicas	Conhecimento inicial da oportunidade comercial possíveis a partir do produto, processo ou solução. Delinear a viabilidade potencial da aplicação em um modelo de negócio. Neste estágio o conhecimento de mercado é limitado ou desconhecido.
2. Percepção de Mercado	Levantamento inicial do mercado, incluindo a estrutura geral de mercado. Percepção das aplicações potenciais para o produto, processo ou solução proposta, compreendendo as ofertas já existentes no mercado, seus pontos fortes, fracos e, potencial a ser superado. Neste estágio as ideias ainda são especulativas.
3. Percepção de aplicação da tecnologia	Compreensão mais profunda das aplicações potenciais, necessidades, restrições de mercado e produtos competitivos. São criadas as hipóteses de produto, as quais podem ser refinadas iterativamente com base em dados de outras tecnologias e análise de mercado. A análise de mercado considera não apenas as realidades atuais do mercado, mas também os requisitos futuros esperados.
4. Proposta de valor	As hipóteses sobre o produto são refinadas por meio de análises de mercado e discussões com clientes potenciais. Avalia-se as necessidades de mercado em reação à nova tecnologia procurando destacar uma proposta de valor clara. Fornecedores e clientes potenciais são identificados em uma análise inicial da cadeia de valor. Qualquer certificação ou requisitos regulatórios são identificados.

Tabela 7.3 Descrição dos níveis de prontidão comercial (*Comercial Readiness Level*) (*Cont.*)

Nível CRL	Descrição
5. Alinhamento de mercado	Construção de entendimento mais profundo da aplicação de mercado. Definição de modelo de custo-desempenho para validar ainda mais a proposição de valor. São estabelecidos relacionamentos com potenciais fornecedores, parceiros e clientes, visando entender mais sobre os requisitos do mercado. Realiza-se um entendimento das condições de competição de mercado. Construção de um modelo financeiro com projeções de vendas de curto e longo prazo, custos, receitas, margens de lucro.
6. Otimização do produto ou solução	Tradução das necessidades de mercado em requisitos do produto. Refino do design do produto considerando os requisitos de mercado. São estabelecidas parcerias com partes interessadas em toda a cadeia de valor. Compreensão de todos os requisitos de certificação, requisitos de conformidade e regulações. Os modelos financeiros continuam a ser refinados.
7. Validação do modelo financeiro	O design do produto está completo. Os contratos de fornecimento e clientes estão em vigor, e as partes interessadas estão engajadas nas qualificações do produto. Todas as certificações e regulamentações necessárias estão em conformidade. Modelos financeiros mais abrangentes são validados para os estágios iniciais e finais de produção.
8. Introdução no mercado	Qualificações junto aos clientes estão prontas, ocorrendo a fabricação e venda das primeiras unidades. A maturação comercial continua ocorrendo visando para dar suporte à produção e vendas em maior escala. As premissas são validadas iterativamente para mudanças de mercado.
9. Lançamento completo	Ocorre a implantação em larga escala e finalização do modelo de negócios.

Fonte: Adaptado de Quintella *et al.* (2019).

Para a Análise Envoltória de Dados (DEA) foi utilizado o valor presente líquido do projeto (VPL_PD) como *output*, e valor projetado futuro (VLR_PROJETADO_FUTURO) e valor realizado (VLR_REALIZADO) como *input*. Faremos uso ainda do indicador de maturidade (FN_MATURIDADE) e do nível de prontidão tecnológica (TRL) como variáveis ambientas e sistema de pesos nos, especificamente nos modelos DEA que requerem o fornecimento desses parâmetros.

Tabela 7.4 Quantidade de projetos conforme o tipologia

Tipologia	Qtd Total		Qtd Filtro	
Estudo e Caracterização	187	14,0%	113	13,6%
Infraestrutura Processo e Metodologia	4	0,3%	4	0,5%
Processo e Metodologia	477	35,8%	306	36,9%
Produto	293	22,0%	170	20,5%
Software	373	28,0%	237	28,6%
Total	**1334**		**830**	

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Alguns projetos apresentam valor presente líquido (VPL_PD), valor projetado futuro (VLR_PROJETADO_FUTURO) ou valor realizado (VLR_REALIZADO) igual à zero. Estes projetos precisam ser eliminados da análise, pois não sendo possível mensurar a eficiência de projeto contendo zero insumo ou zero produto. Projetos contendo produção positiva utilizando zero insumos (VLR_PROJETADO_FUTURO=0 ou VLR_REALIZADO=0) apresentariam eficiência infinita. Projetos contendo produção zero (VPL_PD=0) utilizando insumos positivos apresentariam ineficiência infinita. Com a exclusão dos projetos com VLR_PROJETADO_FUTURO nulo ou VLR_REALIZADO nulo, usaremos 830 projetos para mensuração de deficiência (Tabela 7.5).

Tabela 7.5 Quantidade de projetos conforme o status

Status	Qtd Total	%	Qtd Filtro	%
Cancelada	284	21,2%	71	8,6%
Disponibilizada	49	3,7%	39	4,7%
Em Elaboração	219	16,3%	39	4,7%
Em Execução	697	52,0%	643	77,5%
Implantada	92	6,9%	38	4,6%
Total	**1341**		**830**	

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Tabela 7.6 Média do Valor presente líquido, valor projetado futuro e valor realizado por tipologia

Tipologia	VPL_PD	VLR PROJETADO FUTURO	VLR REALIZADO
Estudo e Caracterização	162.429,45	3.174,87	3.330,90
Infraestrutura	73.816,59	3.215,68	10.000,22
Processo e Metodologia	132.339,56	1.719,26	2.745,41
Produto	177.757,99	5.420,24	3.524,86
Software	90.278,64	2.847,95	3.136,29
Média Geral	**133.446,50**	**3.004,97**	**3.131,34**

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Os projetos de Infraestrutura e Produto possuem os maiores valores presentes líquidos, enquanto os projetos de Infraestrutura possuem os menores valores presente líquido em média. O valor presente líquido médio dos projetos de Estudo e Caracterização é de R$ 162 mil, enquanto para os projetos de Infraestrutura possuem o valor presente líquido médio de R$ 73 mil reais. Os projetos de Infraestrutura possuem os maiores valores realizados (R$ 10 mil reais em média), enquanto os projetos de Produto possuem o maior valor projetado futuro (R$ 3,2 mil reais em média) (Tabela 7.6).

Tabela 7.7 Quantidade de projetos, média do indicador de maturidade, TRL e CRL por tipologia

Rótulos de Linha	Quantidade	FN_MATURID	CRL	TRL
Estudo e Caracterização	113	0,40	5,44	5,13
Infraestrutura	4	0,37	4,50	5,75
Processo e Metodologia	306	0,37	4,98	5,02
Produto	170	0,34	4,75	4,83
Software	237	0,43	5,41	5,54
Total	**830**	**0,38**	**5,12**	**5,15**

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Os projetos de infraestrutura apresentam os maiores níveis de prontidão tecnológica (TRL), enquanto os projetos Estudo e Caracterização apresentam os maiores níveis de maturidade comercial (CRL) (Tabela 7.7). Os projetos de infraestrutura possuem os menores níveis de maturidade comercial, enquanto os projetos de produto possuem os menores níveis de prontidão tecnológica.

Conforme esperado, os projetos com maturidade no nível 1 (Princípios básicos observados) possuem os menores valores realizados (VLR_REALIZADO), valor presente líquido (VPL_PD) e valor projetado futuro (VLR_PROJETADO_FUTURO). Os projetos no nível de maturidade 2 (Conceito de tecnologia e/ou aplicação formulados) apresentam em média R$ 92 mil de valor presente líquido, maior ligeiramente maior que os valores observados nos estágios subsequentes até o estágio 4 (protótipo). Os projetos o estágio final de maturidade tecnológica (Comprovação do sistema) possuem os maiores valores presente (Tabela 7.8).

Tabela 7.8 Média do valor presente líquido, valor projetado futuro e valor realizado

TRL	VPL_PD	VLR_REALIZADO	VLR_PROJETADO_FUTURO
1. Princípios básicos	4.067,2	465,2	289,8
2. Conceito de tecnologia	92.010,0	1.040,3	2.950,3
3. Prova de conceito	83.035,9	2.836,9	4.703,8
4. Protótipo em laboratório	87.205,8	2.366,1	2.886,5
5. Protótipo em ambiente relevante	101.395,8	2.874,8	2.981,7
6. Teste em ambiente relevante	228.933,3	4.632,7	2.644,5
7. Demonstração em ambiente real	94.330,1	3.117,7	2.420,8
8. Qualificação por demonstração	214.366,3	3.770,8	3.307,3
9. Comprovação do sistema	269.145,5	4.475,5	2.376,0
Total Geral	**133.446,5**	**3.131,3**	**3.005,0**

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Tabela 7.9 Média do valor presente líquido, valor projetado futuro e valor realizado

CRL	VPL_PD	VLR_REALIZADO	VLR_PROJETADO_FUTURO
2. Percepção de Mercado	1.668,0	1.121,7	660,6
3. Percepção de aplicação da tecnologia	55.334,7	2.063,0	3.285,3
4. Proposta de valor	92.030,2	2.475,7	2.716,4
5. Alinhamento de mercado	93.748,6	3.195,3	3.705,2
6. Otimização do produto ou solução	243.790,4	3.851,0	2.530,3
7. Validação do modelo financeiro	167.987,5	3.287,0	2.819,2
8. Introdução no mercado	431.707,2	5.126,6	2.139,6
9. Lançamento completo	132.160,7	5.332,5	3.317,0
Total Geral	**133.446,50**	**3.131,3**	**3.005**

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Os projetos com CR 2 possuem o menor valor realizado (VLR_REALIZADO), menor valor presente líquido (VPL_PD) e menor valor projetado futuro (VLR_PROJETADO_FUTURO). Os projetos com CRL 3 possuem média de R$ 55,3 mil de valor presente líquido, média de R$ 2,1 mil de valor realizado, e média de R$ 3,2 mil de valor projetado futuro (Tabela 7.9). De forma geral, quanto maior a maturidade comercial maior o valor presente líquido. Entretanto os projetos no estágio final de maturidade comercial (9) possuem menor valor presente líquido menor que os projetos no estágio de maturidade 6, 7 e 8.

7.2 Produtividade, Eficiência e Análise Envoltória de Dados

Produtividade é habitualmente definida como sendo a razão entre produtos e insumos, ou seja, a razão entre *output* e *input*. Considerando somente um único *output* e um único *input*, a produtividade é dada por:

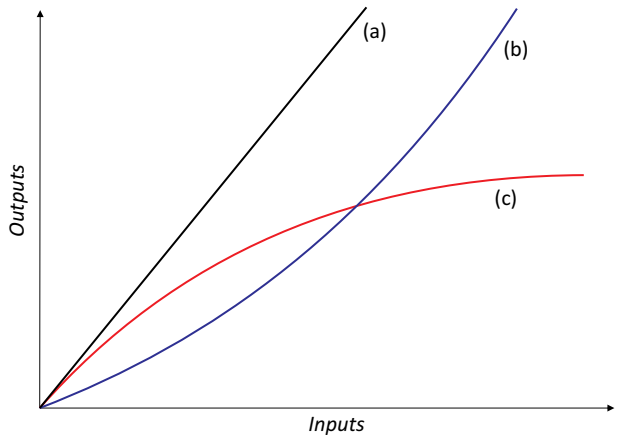
$$Produtividade = \frac{output}{input}$$

Além da produtividade, outra expressão relacionada ao conceito de desempenho é eficiência. A eficiência expressa uma relação ótima entre recursos consumidos e produtos gerados.

As curvas de produção formam a base da análise de eficiência e ajudam entender melhor o conceito de eficiência, e diferenciar o conceito de eficiência do

conceito de produtividade. Existem três hipóteses principais que consideram a relação entre insumos e produtos: retornos, crescentes, constantes e decrescente.

Figura 7.1 Retornos constantes (a), crescentes (b) e crescentes (c) de escala



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

- Quando há um único insumo, e os retornos de escala são constantes (Figura 7.1, curva a): Quando os insumos aumentam em uma unidade, a produção também aumenta em uma unidade.
- Quando os retornos de escala são crescentes (Figura 7.1, curva b): Um aumento de uma unidade nos insumos leva a um aumento de mais que uma unidades na produção.
- Retornos decrescentes de escala (Figura 7.1, curva b): Se ocorre o aumento em uma unidade na quantidade de insumo, então a produção aumenta em menos que uma unidade.

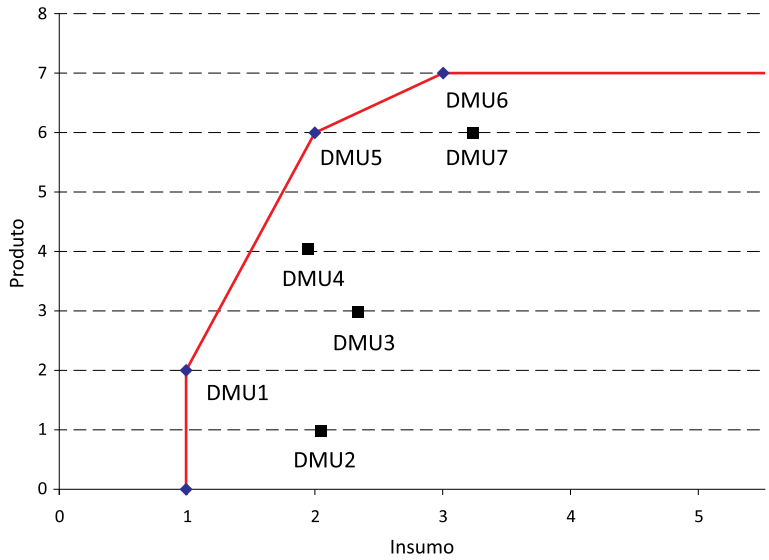
Uma das consequências da vinculação do conceito de eficiência aos retornos de escala é que uma unidade produtiva pode ser eficiente, e encontrar-se na fronteira de eficiência, mas não necessariamente ser a unidade mais produtiva, apresentando razão produto/insumo menor que as demais Unidades Produtivas Tomadoras de Decisão (*Decision Making Unit* – DMU).

A Análise Envoltória de Dados (DEA) permite mensurar a eficiência produtiva das DMU. Por tratar-se de uma unidade de medida não paramétrica, não utiliza uma forma funcional pré-determinada para fronteira de produção. Emprega-se, portanto, programação matemática para construir fronteiras

de produção Pareto-eficientes das unidades produtivas, as quais empregam processos tecnológicos semelhantes para transformar insumos em produtos. O conceito de eficiência de Pareto determina que uma DMU é eficiente se somente se:

- O aumento adicional na produção só é possível com algum incremento nos insumos.
- For possível alcançar uma diminuição nos insumos diminuindo a produção.

Figura 7.2 Fronteira de produção – unidades eficientes encontram-se na fronteira



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

As condições de eficiência são exemplificadas na Figura 7.2. Por exemplo, a unidade 7 consome mais insumo que a unidade 6, entretanto presenta uma produção ainda menor. A mesma comparação pode ser encontrada entre as unidades 1 e 2, na qual a unidade 2 consome mais insumos que a unidade 1 e ainda assim apresente uma produção menor que a unidade 1. Desta forma as unidades ineficientes poderiam mover-se para mais próxima da fronteira de eficiência, uma vez que existem outras unidades que unidades que empregam a mesma quantidade de insumo produzindo mais, ou produzem a mesma quantidade utilizando menos insumos.

Resumidamente, podemos elencar entre os objetivos da avaliação DEA como sendo:

- Comparar unidades produtivas que realizam tarefas similares, mas se diferenciam no consumo de insumos (*inputs*) e na produção (*outputs*);
- Identificar se os retornos de escala são constantes, decrescentes ou crescentes.
- Identificar unidades tomadoras de decisão eficientes.
- Identificar a fronteira de eficiência.
- Mensurar e localizar a origem da ineficiência das unidades fora da fronteira de eficiência.

De acordo com os fundamentos da análise de eficiência,

Seja uma unidade tomadora de decisão "A" que produz Y(A), utilizando X(A) insumos. Se as demais unidades produtivas tomadoras de decisão (DMU) são eficientes, então se pressupõe que poderiam fazer o mesmo.

Da mesma forma, se uma unidade "B" é capaz de produzir Y(B) unidades de produto, utilizando X(B) de insumos, então se pressupõe que outras DMU podem ser capazes de realizar o mesmo.

Se as DMU "A" e "B" são eficientes, elas poderiam definir uma fronteira de produção. Podemos utilizar a combinação linear dos insumos e produto das unidades eficientes para definir a fronteira de produção para cada DMU analisada, e mensurar o quanto cada DMU encontra-se distante desta fronteira. A ineficiência é caracterizada por unidades que poderiam produzir mais próximo da fronteira utilizando os mesmos insumos, ou unidades que poderiam utilizar menos insumos para produzir a mesma quantidade. A fronteira eficiente de produção será representada pelas unidades que conseguem minimizar uso de insumos na produção de resultados (*outputs*) ou, pelas unidades que conseguem maximizar os resultados utilizado a menor quantidade de insumos possível.

Na fronteira de eficiência a mensuração da eficiência/ineficiência das DMU dentro do escopo dos modelos DEA, ocorre sob duas opções: (i) Orientação aos resultados (*outputs*): Privilegia a maximização dos resultados mantendo o consumo dos insumos fixos e (ii) Orientação aos insumos (*inputs*): Privilegia minimizar o consumo dos insumos mantendo os resultados fixos.

Uma comparação dos modelos (CCR) orientada a insumos (*inputs*) e produto (*output*) pode ser visualizada na Tabela 7.10

Tabela 7.10 Modelos orientados a insumos (*inputs*) e produto (*output*)

Minimização de *inputs*	Maximização de *output*
$\max_{u,v} h_0 = \sum_{j=1}^{S} u_j Y_{j0} \Big/ \sum_{i=1}^{R} v_i X_{i0}$	$\min_{u,v} h_0 = \sum_{i=1}^{R} v_i X_{i0} \Big/ \sum_{j=1}^{S} u_j Y_{j0}$
Sujeito a:	**Sujeito a:**
$\left(\sum_{j=1}^{S} u_j Y_{jk} \Big/ \sum_{i=1}^{R} v_i X_{ik}\right) \leq 1$	$\left(\sum_{i=1}^{R} v_i X_{ik} \Big/ \sum_{j=1}^{S} u_j Y_{jk}\right) \geq 1$
para $k = 1,2,\ldots,n.$	para $k = 1,2,\ldots,n.$
$u_j, v_i \geq 0; \forall j, i$	$u_j, v_i \geq 0; \forall j, i$

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

onde:

h_0 é a eficiência de uma DMU;

u_j, v_i são os pesos dos *outputs* e dos *inputs* respectivamente;

Y_{jk}, X_{ik} são as quantidades de *inputs* e *outputs* da DMUK;

Y_{j0}, X_{i0} são as quantidades de *inputs* e *outputs* da DMU0;

A formulação apresentada na Tabela 7.10 considera a vários insumos e produtos, diferente dos exemplos mais didáticos apresentados nas Figuras 7.1 e 7.2. Trata-se de um modelo não paramétrico, que pode ser formulado como problema de programação linear (PPL), na seguinte forma: A resolução do problema de maximização (minimização) dos produtos (insumos) constrói pesos para cada um dos insumos e produtos.

Ao invés de um sistema de pesos únicos, cada DMU pode ter seu próprio conjunto de pesos (Charnes *et al.*, 1978), tomando-se como condição que todas as DMU tenham uma eficiência inferior ou igual a 1. A formulação matemática dessas condições é apresentada no modelo básico CCR apresentado na Tabela 7.11.

Para análise por envoltória de dados utilizamos o pacote rDea do R. Além de estimar os *escores* de eficiência de acordo com a formulação original do DEA encontrada em Charnes *et al.* (1978), o pacote rDea fornece ainda o modelo robusto de Simar e Wilson (1998) e o *escore* robusto variáveis ambientais para correção de viés de eficiência, conforme encontrado em Simar e Wilson (2007). As eficiências podem ser estimadas conforme o modelo orientado a *inputs* ou *outputs*.

Tabela 7.11 Modelos orientados a insumos (*inputs*) e produto (*output*)

Minimização de *inputs*	Maximização de *output*
Problema Primal	**Problema Primal**
$\underset{u,v}{\text{MAX}}\, h_0 = \sum_{j=1}^{S} u_j Y_{j0}$	$\underset{u,v}{\text{MIN}}\, h_0 = \sum_{i=1}^{R} v_i X_{i0}$
Sujeito a:	**Sujeito a:**
$\sum_{i=1}^{R} v_i X_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^{S} u_j Y_{jk} - \sum_{i=1}^{R} v_i X_{ik} \leq 0$ para $k = 1,2,\ldots,n.$ $u_j, v_i \geq 0; \forall j, i$	$\sum_{j=1}^{S} u_j Y_{jk} = 1$ $\sum_{i=1}^{R} v_i X_{ik} - \sum_{j=1}^{S} u_j Y_{jk} \leq 0$ para $k = 1,2,\ldots,n.$ $u_j, v_i \geq 0; \forall j, i$
Problema dual	**Problema dual**
$MIN\, \theta_0$	$\text{MAX}\, \theta_0$
Sujeito a:	**Sujeito a:**
$\theta X_{i0} - \sum_{i=1}^{R} \gamma_k X_{ik} \geq 0$ $\left(\sum_{j=1}^{S} \gamma_k Y_{jk}\right) - Y_{j0} \geq 0$ $\gamma_k \geq 0; \forall k$	$X_{i0} - \sum_{i=1}^{R} \gamma_k X_{ik} \geq 0$ $\left(\sum_{j=1}^{S} \gamma_k Y_{jk}\right) - \theta Y_{j0} \geq 0$ $\gamma_k \geq 0; \forall j, i$

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

7.3 Resultados

7.3.1 Teste de retorno de escala

Inicialmente deve-se determinar por meio de teste de hipótese se os retornos de escala são constantes, decrescentes ou crescentes. A identificação adequada dos retornos de escala é importante, pois é um dos parâmetros fornecidos para os modelos. A literatura não é tão conclusiva quanto à forma dos retornos de escala de projetos de P&D. Primordialmente a literatura assume que esses retornos são decrescentes de escala (Graves e Langowitz, 1993), e em algumas situações esses retornos podem ser constantes (Lee e Park, 2011).

Iniciamos a análise de eficiência realizando os testes de hipóteses que determinam se os retornos de escala são constantes, crescentes ou decrescen-

tes (não crescentes). Recorremos ao método rts.test do pacote rDEA, especificando como o seguinte de produção descrito abaixo.

$$\ln(\text{VPL_PD}) = f0(\ln \text{VLR_PROJETADO_FUTURO}, \ln \text{VLR_REALIZADO}) \quad (7.1)$$

Existem dois tipos de teste de hipótese fornecido pelo método rts.test do pacote rDEA para determinação dos retornos de escala: (i) constantes e (ii) não crescentes (decrescentes). O retorno crescente de escala é confirmado somente se as duas hipóteses (retornos constantes e não crescentes) são rejeitadas. O resultado do teste de hipótese apresentado na Tabela 7.12, mostra a rejeição da hipótese de retornos não crescentes de escala (p-Valor=0,00333), e aceitação da hipótese de retornos constantes de escala (p-Valor=0,20667). Conclui-se então que os retornos são constantes de escala.

Tabela 7.12 Modelos orientados a insumos (*inputs*) e produto (*output*)

	Hipótese	p-Valor	Decisão
H_{0A}	Os retornos são constantes em escala	0,20667	Aceitar
H_{0B}	Os retornos são não-crescentes em escala	0,00333	Rejeitar

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras

7.3.2 Descrição das eficiências

Nesta subseção mostramos quais as eficiências médias conforme as tipologias, status de projetos e níveis de maturidade comercial e tecnológica. Uma vez estabelecido o tipo de retorno de escala, foram estimadas seis formas de eficiência conforme os seguintes modelos:

1. Eff0: DEA ingênuo com minimização de insumo.
2. Eff1: DEA ingênuo com minimização de custo.
3. Eff2: DEA robusto com minimização de insumo.
4. Eff3: DEA robusto com minimização de custo.
5. Eff4: DEA com variáveis ambientais minimização de insumo.
6. Eff5: DEA com variáveis ambientais minimização de custo.

Os modelos orientados à insumos (Eff0, Eff2 e Eff4) possuem duas variáveis de representando os insumos, conforme equação 1. Os modelos de minimização de custos (Eff1, Eff2 e Eff3) recebem uma única variável de *input*, denominada CUSTO, a qual é dada pela soma VLR_PROJETADO_FUTURO + VLR_REALIZADO.

Os modelos que utilizam variáveis ambientais para eliminação de viés (Eff4 e Eff5), recebem o nível de prontidão tecnológica (TRL) como variável ambiental.

Tabela 7.13 Matriz de correlação das eficiências

	Eff0	Eff1	Eff2	Eff3	Eff4	Eff5
Eff0	1,0000	0,8335	0,7032	0,6090	0,8021	0,8608
Eff1	-	1,0000	0,8072	0,7947	0,9296	0,9723
Eff2	-	-	1,0000	0,9821	0,7753	0,8235
Eff3	-	-	-	1,0000	0,7586	0,8086
Eff4	-	-	-	-	1,0000	0,9597
Eff5	-	-	-	-	-	1,0000

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

A Tabela 7.13 mostra a correlação entre os indicadores de eficiência obtidos. Observamos há uma correlação de 83,35% entre as eficiências obtidas pelos modelos ingênuos (Eff0, Eff1), uma correlação de 98,21% entre as eficiências dos modelos robustos (Eff2, Eff3), e uma correlação de 95,97% entre as eficiências obtidas pelos modelos com variáveis ambientais (Eff4, Eff5). As eficiências Eff0 e Eff5 possuem correlação maior que 80%, o que mostra que mesmo o DEA ingênuo apresenta mensuração de eficiência adequada quando comparado com o modelo de variáveis ambientais. A menor correlação ocorre entre a eficiência Eff0 e Eff3, ou seja, entre os modelos ingênuos com minimização de insumo e o modelo robusto com minimização de custo.

Tabela 7.14 Eficiências média por nível de maturidade tecnológica

TRL	Eff0	Eff1	Eff2	Eff3	Eff4	Eff5
1. Princípios básicos	0,345	0,000	0,425	0,400	0,302	0,375
2. Conceito de tecnologia	0,329	0,372	0,488	0,479	0,273	0,372
3. Prova de conceito	0,332	0,385	0,530	0,526	0,293	0,385
4. Protótipo em laboratório	0,323	0,379	0,523	0,521	0,287	0,379
5. Protótipo em ambiente relevante	0,326	0,382	0,542	0,538	0,290	0,382
6. Teste em ambiente relevante	0,333	0,388	0,555	0,550	0,295	0,388
7. Demonstração em ambiente real	0,330	0,384	0,547	0,543	0,293	0,384
8. Qualificação por demonstração	0,359	0,418	0,597	0,592	0,320	0,418
9. Comprovação do sistema	0,381	0,413	0,615	0,596	0,314	0,413

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Conforme esperado, existe uma tendência onde os projetos de maior maturidade tecnológica apresentam também as maiores eficiências (Tabela 7.14). O mesmo comportamento ocorre também para o indicador de maturidade comercial (Tabela 7.15). A maior amplitude entre os níveis iniciais e finais de maturidade tecnológica ocorre no indicador de eficiência Eff1 e Eff2.

Tabela 7.15 Eficiências média por nível de maturidade comercial

CRL	Eff0	Eff1	Eff2	Eff3	Eff4	Eff5
1. Hipóteses básicas	0,259	0,250	0,218	0,205	0,231	0,302
2. Percepção de Mercado	0,310	0,326	0,416	0,399	0,249	0,339
3. Percepção de aplicação da tecnologia	0,326	0,384	0,532	0,53	0,291	0,384
4. Proposta de valor	0,331	0,383	0,544	0,539	0,292	0,383
5. Alinhamento de mercado	0,339	0,397	0,572	0,568	0,302	0,397
6. Otimização do produto ou solução	0,343	0,401	0,580	0,575	0,306	0,401
7. Validação do modelo financeiro	0,339	0,391	0,572	0,571	0,298	0,391
8. Introdução no mercado	0,398	0,397	0,586	0,557	0,297	0,397

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

As maiores eficiências são encontradas nos projetos classificado de acordo com a tipologia Estudo e Caracterização, seguido por Processo e Metodologia. Conforme indicador de eficiência Eff5, os projetos de Estudo e Caracterização possuem eficiência 0,40, enquanto os projetos de Processo e Metodologia possuem eficiência 0,390. Os processos classificados na tipologia Infraestrutura possuem a menor eficiência média (Tabela 7.16).

Tabela 7.16 Eficiências média segundo a tipologia

TIPOLOGIA	Eff0	Eff1	Eff2	Eff3	Eff4	Eff5
Estudo e Caracterização	0,344	0,400	0,582	0,577	0,305	0,400
Infraestrutura	0,302	0,352	0,546	0,535	0,270	0,352
Processo e Metodologia	0,339	0,390	0,535	0,528	0,296	0,390
Produto	0,328	0,382	0,544	0,541	0,290	0,382
Software	0,322	0,373	0,532	0,529	0,285	0,376

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras

Conforme esperado, os projetos já implantados apresentam as maiores, seguidos dos projetos em execução. Segundo indicador de eficiência Eff5, os projetos já implantados possuem eficiência 0,416, enquanto os projetos em execução possuem eficiência 0,386 (Tabela 7.17). Conforme o indicador Eff5

(modelo com variáveis ambientais), os projetos cancelados, apresentam melhor eficiência que os projetos disponibilizados e os projetos em elaboração.

Tabela 7.17 Eficiências média segundo status

STATUS	Eff0	Eff1	Eff2	Eff3	Eff4	Eff5
Cancelada	0,326	0,378	0,506	0,501	0,292	0,383
Disponibilizada	0,327	0,379	0,523	0,512	0,292	0,379
Em Elaboração	0,328	0,372	0,48	0,473	0,272	0,372
Em Execução	0,331	0,385	0,547	0,544	0,293	0,386
Implantada	0,393	0,416	0,621	0,600	0,314	0,416

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Para as representações gráficas, vamos utilizar uma medida de eficiência unificada, obtida pela média aritmética entre as eficiências Eff0, Eff1, Eff2, Eff3, Eff4 e Eff5 (Equação 7.2). Considerando que as correlações entre todas as medidas de eficiência são todas positivamente correlacionadas, não existe nenhum impedimento em utilizar a média como medida de eficiência unificada. A distribuição eficiência unificada (Eff Avg) apresenta alta correlação maior que 80% com todas as eficiências individuais

$$\mathrm{Eff}_{AVG} = \frac{\mathrm{Eff}_0 + \mathrm{Eff}_1 + \mathrm{Eff}_2 + \mathrm{Eff}_3 + \mathrm{Eff}_4 + \mathrm{Eff}_5}{6} \tag{7.2}$$

Tabela 7.18 Matriz de correlação das eficiências com a eficiência unificada

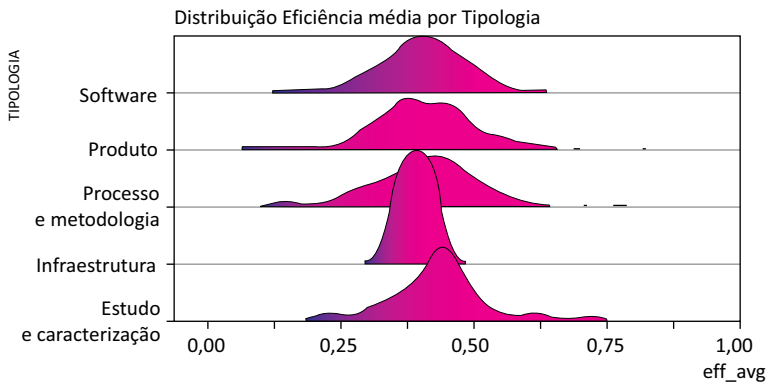
	Eff0	Eff1	Eff2	Eff3	Eff4	Eff5	Eff Avg
Eff0	1,0000	0,8335	0,7032	0,6090	0,8021	0,8608	**0,8339**
Eff1	-	1,0000	0,8072	0,7947	0,9296	0,9723	**0,9381**
Eff2	-	-	1,0000	0,9821	0,7753	0,8235	**0,9530**
Eff3	-	-	-	1,0000	0,7586	0,8086	**0,9325**
Eff4	-	-	-	-	1,0000	0,9597	**0,9117**
Eff5	-	-	-	-	-	1,0000	**0,9538**
Eff (AVG)	-	-	-	-	-	-	**1,0000**

Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

A Figura 7.3 mostra a distribuição da eficiência unificada conforme a tipologia dos projetos. Observamos que os projetos de Estudo e Caracterização e Processo e Metodologia possuem distribuição mais achatadas, enquanto Infraestrutura e *Software* possuem distribuições mais concentradas. Todas as tipologias apresentam padrão simétrico bem característico.

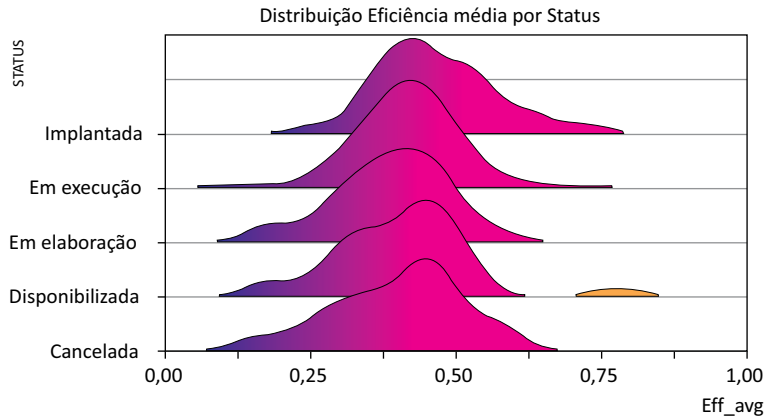
A Figura 7.4 mostra a distribuição da eficiência unificada conforme o status. A distribuição dos projetos com status Disponibilizado mostra um conjunto restrito de projetos cuja distribuição de eficiência está descolada dos demais projetos. Os projetos com status Em Implementação apresentam uma cauda concentrada à esquerda, indicando concentração de projetos com altas eficiências.

Figura 7.3 Distribuição da eficiência média conforme a tipologia do projeto



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Figura 7.4 Distribuição da eficiência média conforme o status do projeto



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

7.3.3 Relação entre eficiências, custo e maturidade

Nesta seção apresentamos representações gráficas ilustrando a relação entre eficiência e custo, e a relação entre eficiência e maturidade do projeto (FN_MATURIDAD). Para considerar a presença de não linearidade nessas relações vamos ajustar as regressões *splines*, tendo a eficiência unificada como variável dependente. Os *splines* são modelos regressões não lineares não paramétricos, estimados na presenta análise conforme biblioteca npreg (Racine e Li, 2004). No contexto da nossa análise, utilizamos os *splines* para investigar a relação entre aumento/diminuição de custos e eficiência, e aumento/diminuição de maturidade e eficiência. Os gráficos das Figuras 7.5 e 7.6 mostram, respectivamente a eficiência unificada no eixo Y e os custos/maturidade no eixo X.

Quando analisamos a relação entre eficiência e custos, conforme esperado, há um componente não linearidade entre o aumento dos custos e o aumento de eficiência, refletindo as especificidades na gestão de processos de P&D já relatadas anteriormente.

Figura 7.5-a Estudo e Caracterização

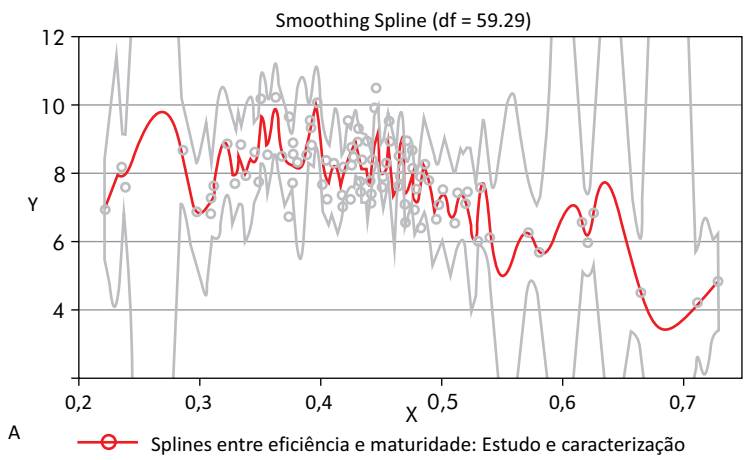


Figura 7.5-b Infraestrutura

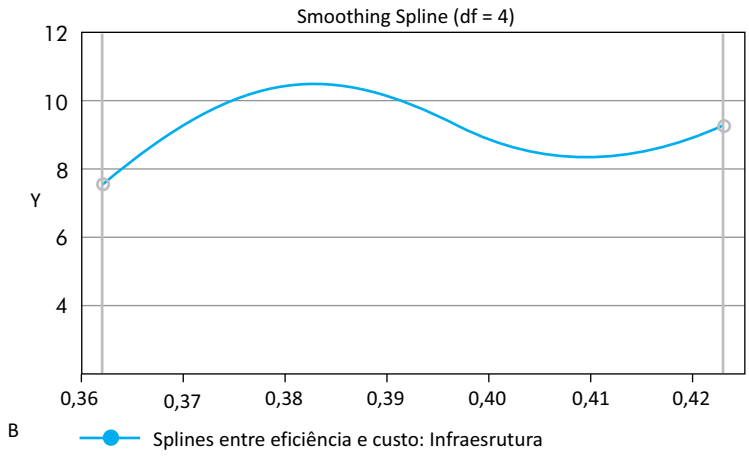


Figura 7.5-c Processo e metodologia

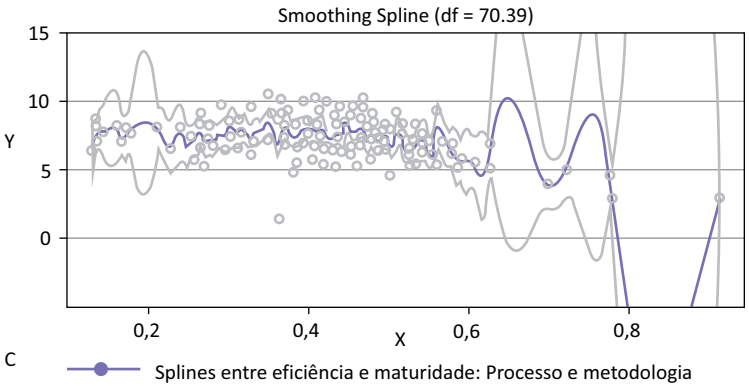
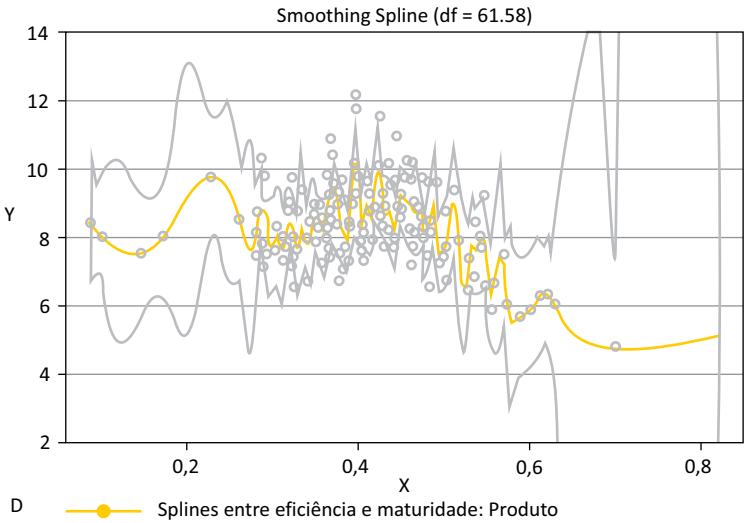
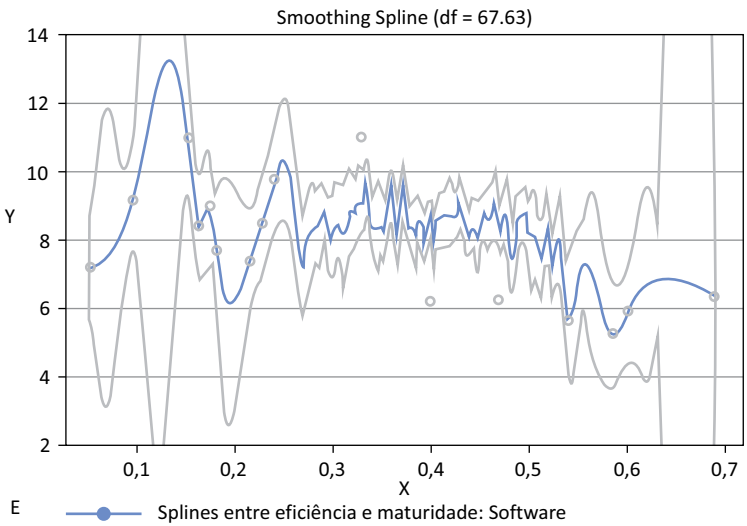


Figura 7.5-d Produto



D

Figura 7.5-e *Software*



E

Figura 7.5-f Geral

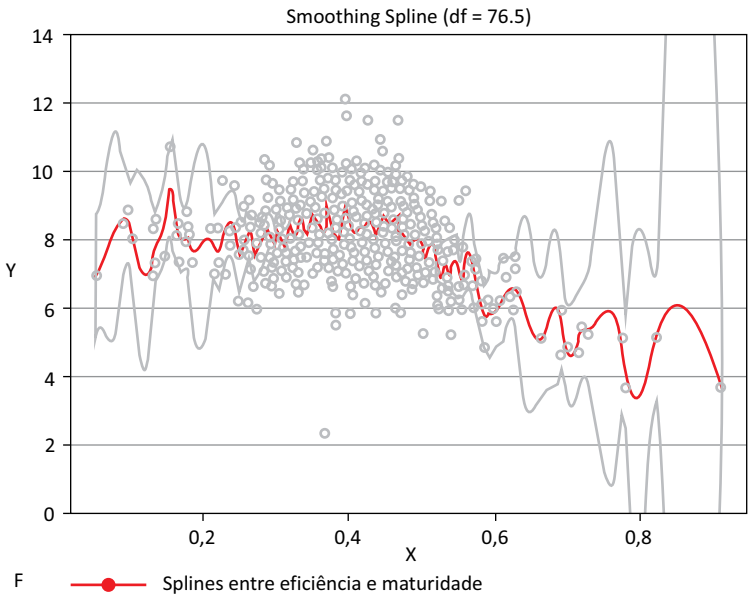


Figura 7.6-a Estudo e Caracterização

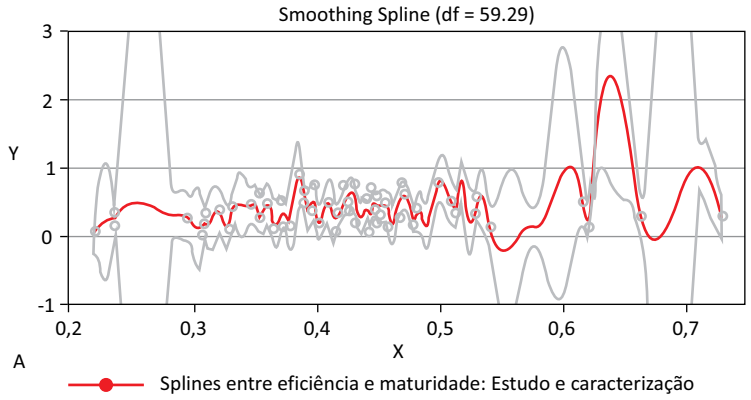


Figura 7.6-b Infraestrutura

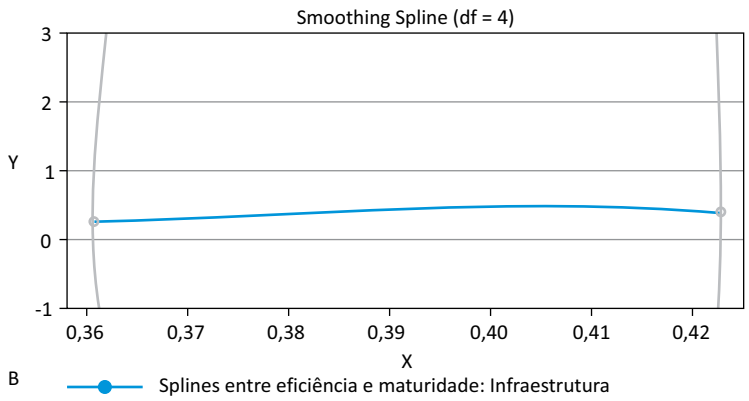


Figura 7.6-c Processo e Metodologia

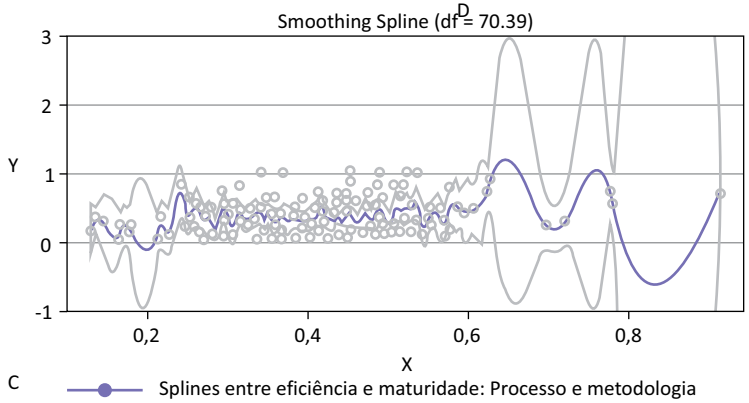


Figura 7.6-d Produto

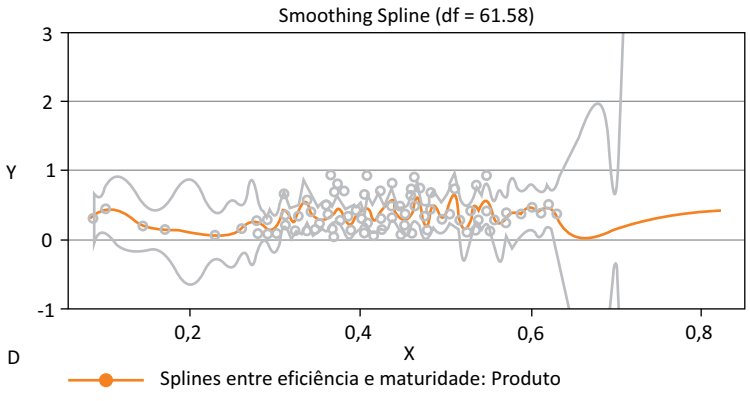


Figura 7.6-e *Software*

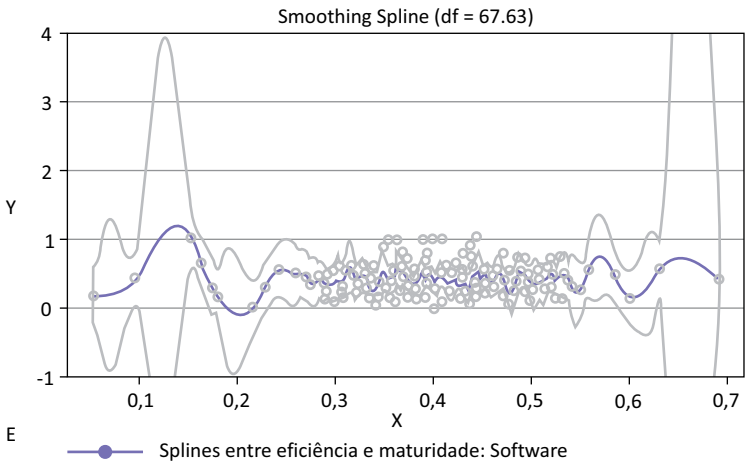
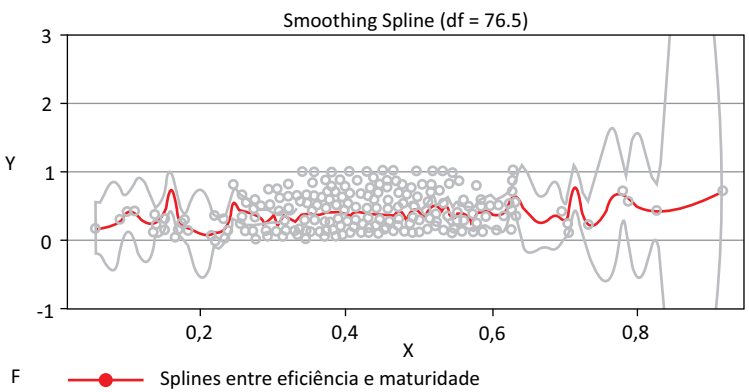


Figura 7.6-f Geral



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

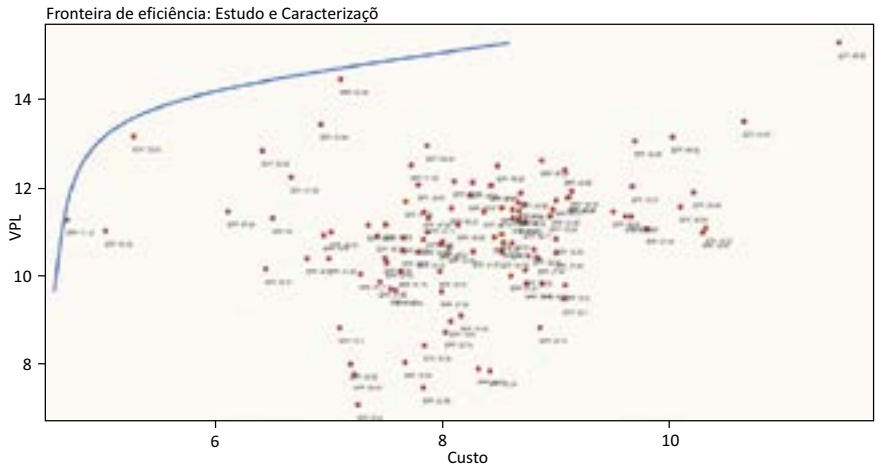
Existe uma tendência na qual projetos com menores custos estão associados com uma maior eficiência. Entretanto não podemos afirmar que há uma tendência determinística, ou seja, existem pontos que escapam a esta relação. Para os projetos de infraestrutura esta relação aparenta ser mais linear, entretanto como esses são poucos projetos, não se pode afirmar sobre a relação entre custo e eficiência para esses projetos.

Quando analisamos a relação entre eficiência e maturidade, para algumas tipologias não fica muito clara qual é esta relação. Os *splines* ressaltam-se um forte componente de não linearidade, mas que percorre uma reta horizontal sem tendência de crescimento ou decrescimento definida.

7.3.4 Fronteira de produção

Nesta seção apresentamos a fronteira de produção separadamente por tipologia, o que permite localizar os projetos mais próximos a fronteira de produção, e visualizar grupos ou concentrações de projetos com eficiência similar. A fronteira de produção é delineada a partir do valor de custo (VLR_PROJETADO_FUTURO+VLR_REALIZADO) e valor presente líquido (VPL_PD), e os pontos são identificados através do indicador de eficiência unificado.

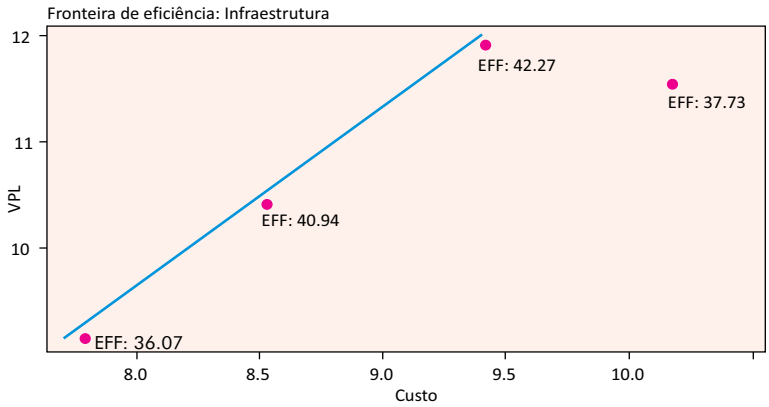
Figura 7.7 Fronteira de produção: estudo e caracterização



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Os projetos de Estudo e Caracterização possuem poucos projetos localizados próximo à fronteira de eficiência. Identificamos quatro projetos próximos a fronteira de eficiência, um grupo de seis projetos em localização intermediária e o restante dos projetos formando uma nuvem relativamente concentrada.

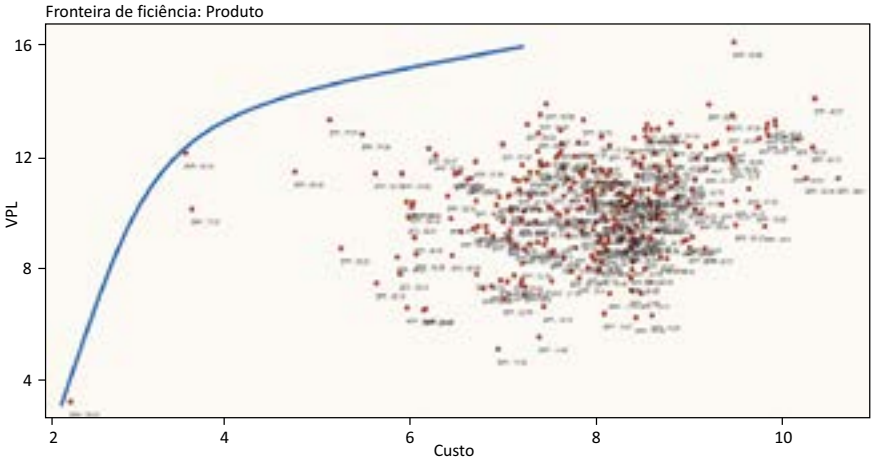
Figura 7.8 Fronteira de produção: infraestrutura



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Existem somente quatro projetos na tipologia Infraestrutura, sendo três desses localizados na fronteira de eficiência e um projeto isolado dos demais.

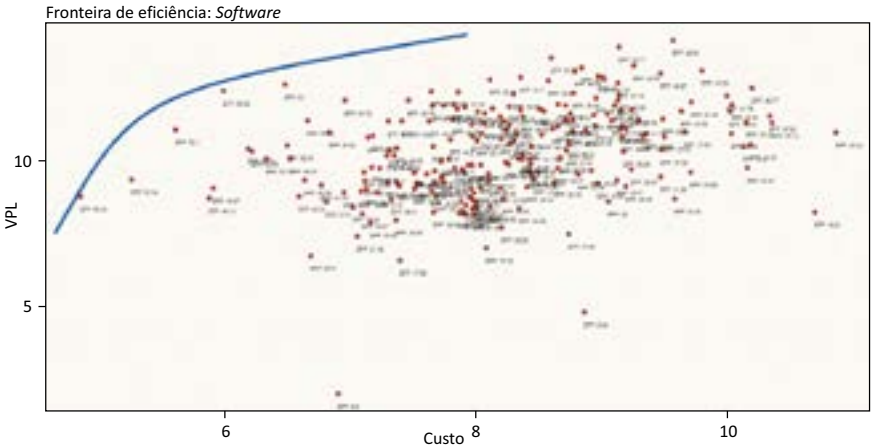
Figura 7.9 Fronteira de produção: produto e metodologia



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Os projetos de Produto e Metodologia possuem uma nuvem de concentração com eficiências medianas e alguns pontos mais isolados localizados mais próximo à fronteira de eficiência. Entre a fronteira de eficiência e a nuvem de concentração se destacam alguns projetos com eficiência acima da média.

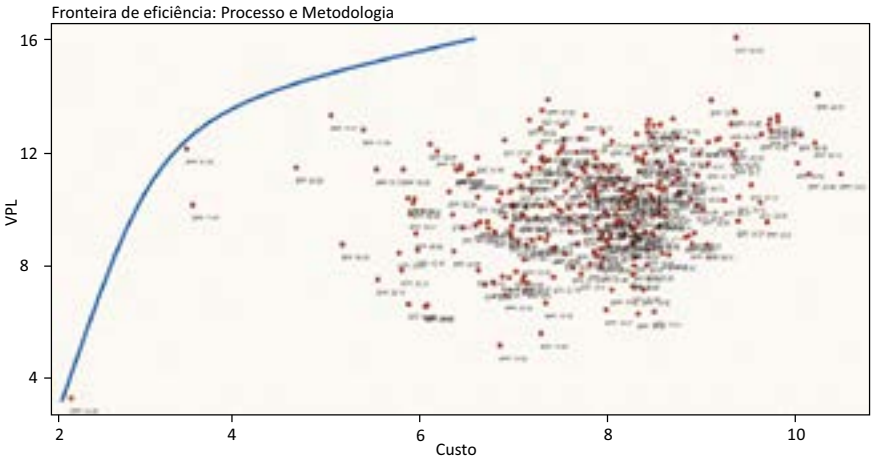
Figura 7.10 Fronteira de produção: *software*



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

De forma geral, os projetos de *Software* se concentram mais próximos à fronteira de eficiência. Existem cinco projetos que se destacam por sua proximidade da fronteira, e alguns mais isolados, que se destacam por estarem distantes da fronteira.

Figura 7.11 Fronteira de produção: processo e metodologia



Fonte: Sistema de gestão de projetos de P&D da Petrobras.

Os projetos de Processo e Metodologia apresentam comportamento semelhante aos projetos de Estudo e Caracterização no que diz respeito à proximidade dos projetos com a fronteira de eficiência. Existem poucos projetos localizados próximo à fronteira de eficiência, alguns com eficiência intermediária e o restante dos projetos formando uma nuvem relativamente concentrada.

Considerações Finais

A gestão projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) possui características únicas que os diferencia de outros tipos de investimentos. Estas especificidades devem ser levadas em conta em uma avaliação de eficiência adequada. A análise de eficiência utilizando DEA permitiu identificar que os retornos de escala dos projetos de P&D são constantes. Aplicamos três diferentes modelos de eficiência, considerando as especificações orientadas a insumos e minimização de custos, resultando em seis diferentes medidas de eficiência. Essas medidas de eficiência foram unificadas para representação gráfica através de distribuição de frequência, *splines* e fronteira de eficiência. Verificamos que o nível de eficiência aumenta juntamente com o Nível de Maturidade Comercial (CRL) e o Nível de Maturidade Tecnológica (TRL). A Análise Envoltória de Dados (DEA) permitiu identificar também quais os gestores estão associados aos projetos de melhor eficiência

Identificamos uma relação de não linearidade entre os custos e a eficiência unificada dos projetos, onde apesar da não linearidade é possível identificar que maiores custos estão associados a menores eficiências. A distribuição das eficiências unificadas mostra que uma grande simetria, onde os projetos implantados apresentam eficiências mais concentradas à direita. Considerando os valores médios, observamos que as tipologias associadas às maiores eficiências são "Estudo e Caracterização", segunda de "Processo e Metodologia", e que as melhores eficiências são encontradas nos processos Implementados e Em execução.

Referências

ABBASSI, M.; ASHRAFI, M.; TASHNIZI, E. Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: A Cross-Entropy based methodology. Technovation, v. 34, p. 54-63, 2014.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, v. 30, p. 1078-1092, 1984.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. Journal of Political Economy. v. 81, p. 637-654, 1973.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research. v. 2, p. 429-444, 1978.

COOPER, R.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT, E. Portfolio management in new product development: lessons from the leaders – I. Research Technology Management. v. 40, p. 16-28, 1997.

EHRLICH, P. J.; MORAES, E. A. Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

FRIED, H.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. (eds.). The measurement of productive efficiency. New York: Oxford University, 1993.

GLASS, J.; MACKILLOP, D.; HYNDMANN, N. Efficiency in the provision of university teaching on research: an empirical analysis of UK Universities. Journal of Applied Econometrics, v. 10, p. 61-72, 1995.

GOFFIN, K.; MITCHELL, R. Innovation Management: Strategy and Implementation Using the Pentathlon Framework, 2. ed. Palgrave Macmillan, Basingstoke, 2010.

GUERREIRO, A. S. Análise da eficiência de empresas de comércio eletrônico usando técnicas da análise envoltória de dados. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

GRAVES, S.; LANGOWITZ. N. Innovative productivity and returns to scale in the pharmaceutical industry. Strategic Management Journal, v. 14, p. 593-605, 1993.

KIM, K. Diminishing returns to R&D investment on innovation in manufacturing SMEs: do the technological intensity of industry matter? International Journal of Innovation Management, v. 22, p. 1-27, 2018.

LEE, H.; PARK, Y. An international comparison of R&D efficiency: DEA approach. Asian Journal of Technology Innovation, v. 13, p. 207-222, 2011.

QUINTELLA, C.; RIBEIRO, N.; GONÇALVES, K.; LINHARES, M.; PATERNOSTRO, A. Maturidade Tecnológica: níveis de prontidão TRL Org. RIBEIRO, N. Prospecção Tecnológica. v. 2. Instituto Federal Bahia, IFBA, 2019.

RACINE, J.; LI, Q. Nonparametric estimation of regression functions with both categorical and continuous data. Journal of Econometrics, v. 119, p. 99-130, 2004.

RODRIGUES, K. F. C. Sistematização e análise da avaliação econômica de projetos de desenvolvimento de produtos e serviços. Dissertação (mestrado em engenharia de produção) – Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos, 2014.

SALERNO, M.; GOMES, L.; SILVA, D.; BANGNO, R.; FREITAS, S. Innovation processes: Which process for which project? Technovation; v. 35, p. 59-70, 2015.

SANTOS, E. Definição de prioridades e seleção de projetos de inovação em uma organização pública de pesquisa. Tese (Doutorado em política científica e tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, 2016.

SIMAR, L.; WILSON, P. Non-parametric tests of returns to scale. European Journal of Operational Research. v. 139, p. 115-132, 2002.

SIMAR, L.; WILSON, P. Sensitivity analysis of efficiency scores: how to bootstrap in nonparametric frontier models. Management Science. v. 44, p. 49-61, 1998.

SHEHABUDDEEN, N.; PROBERT, D.; PHAAL, R. From theory to practice: Challenges in operationalising a technology selection framework. Technovation, v. 26, p. 324-335, 2006.

VELHO, S. R.; SIMONETTI, M. L.; SOUZA, C. R.; IKEGAMI, M. Y. Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias. Parcerias Estratégicas, v. 22, p. 119-140, 2017.

8

Spin-offs no Setor de Petróleo e Gás Mundial e no Brasil

Eric Jardim
Fernanda De Negri
Rafael Lima de Morais

8.1 Conceito e Relevância das *Spin-Offs*

De forma ampla e abrangente, Wallin (2012) recorre às definições do American Heritage Dictionary of the English Language (2004) para definir *spin-off* como: (i) a alienação por uma corporação de uma divisão ou subsidiária, emitindo aos acionistas ações de uma nova empresa criada para continuar as operações da divisão ou subsidiária; ou seja, a nova empresa formada por tal alienação; (ii) algo, como um produto, que é derivado de algo maior e mais ou menos relacionado – um subproduto; (iii) algo derivado de um trabalho anterior, como um programa de televisão estrelado por um personagem que teve um papel menor popular em outro programa.

Dentro de uma literatura mais acadêmica, uma *spin-off* é frequentemente vista como uma nova organização, ou entidade, formada por uma divisão de outra organização ou entidade. '*spin-offs*', são, então, quando uma nova empresa é formada a partir de um grupo de pesquisa universitário, quando

um funcionário deixa sua empresa para iniciar uma nova empresa, ou quando uma empresa é dividida em partes independentes.

Às vezes, o conceito de *spin-off* é usado para denotar as repercussões civis que vêm de pesquisas militares ou governamentais. O denominador comum para o conceito de *spin-off* parece ser a formação de algo novo baseado em algo existente. Na literatura de negócios e economia, o espectro vai desde alienações de unidades de negócios inteiras até pesquisadores universitários que trazem alguma ideia do laboratório para iniciar seu próprio negócio. A literatura acadêmica derivada abordou o conceito de várias perspectivas diferentes. A Tabela 8.1 fornece alguns exemplos de como a literatura lidou com o conceito de *spin-off*.

Tabela 8.1 Definições de *spin-off*

Referência	Definição de Firma *Spin-off*
Chesbrough (2002)	Uma firma nova criada para comercializar tecnologias de uma firma estabelecida.
Chesbrough (2003)	Uma firma nova criada para comercializar descobertas de pesquisa fora do negócio principal de uma firma pré-estabelecida.
Kudla e McInish (1981)	Uma firma nova criada a partir de uma firma principal distribui as ações de uma subsidiária sob seu controle total para seus acionistas.
Parhankangas Arenius (2003)	Uma firma nova baseada em ideias de negócios e desenvolvida dentro da firma matriz, onde o estabelecimento foi iniciado ou permitido pela firma principal.
Rose e Ito (2005)	Uma nova empresa criada quando partes do capital social de uma divisão da firma estabelecida é transferida para os acionistas e a empresa principal retém o resto.
Seward and Walsh (1996)	Uma nova empresa criada quando a base de ativos existente de uma corporação é dividida em duas ou mais partes separadas e onde os atuais acionistas recebem uma distribuição pro rata de direitos patrimoniais separados sobre os ativos de cada nova entidade corporativa.
Woo *et al*. (1992)	Uma nova empresa criada quando uma empresa estabelecida distribui todas as ações ordinárias que possui em uma subsidiária controlada para seus acionistas existentes.
Wright *et al*. (2006)	Uma nova empresa criada pela transferência formal de direitos de propriedade intelectual de uma universidade e na qual a universidade detém participação acionária.

Fonte: Wallin, (2012).

Deste modo, fica claro que não há um conceito único e definitivo do que é uma *spin-off*, entretanto fica objetivo o caráter de gestação de uma nova entidade empresarial relacionada a uma estrutura societária ou gerencial pré-existente, e não há um perfil qualitativo atribuído a seu conceito, ou seja, a *spin-off* pode estar caracterizada tanto como um resultado de consequência tecnológica ou propriedade intelectual como uma simples reorganização con-

tábil e administrativa do capital social ou da estrutura produtiva pré-existente. Pode ser oriunda do próprio mundo corporativo ou do mundo universitário e/ou de pesquisa governamental civil ou militar.

No entanto, a relevância de se entender e caracterizar *spin-offs* decorre de sua importância no contexto de geração de novas atividades produtivas, seja em decorrência de transição e evolução tecnológica ou num contexto de diversificação de atividade econômica devido a importância que esse processo pode causar na saúde do ecossistema econômico em situações de mudança de processos sociais e produtivos. As seções seguintes abordarão de forma mais clara o papel das *spin-offs* nessa cadeia, em especial no setor de Petróleo que vem passando por uma transição de matriz e de exigências de caráter produtivo, ambiental, social e até mesmo de restrições futuras de dotação e esgotamento de perpetuação da atividade aos moldes atuais.

Do ponto de vista das características, grosso modo as *spin-offs* podem ser classificadas em dois tipos: *spin-offs* acadêmicas, cujas origens remontam a uma universidade ou Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento Governamentais (SPPD) e as *Spin-offs* Corporativas (SPC) decorrentes da atividade empresarial.

Segundo Pöhlmann, Mauroner e Auburger (2021), a literatura tradicional de *spin-off* tende a privilegiar as SPPD em detrimento das SPC e as duas principais razões seriam que por um lado, as SPPDs são conhecidas pela sua contribuição para a competitividade regional através do rejuvenescimento e dinamização da sua estrutura comercial (exemplos como o vale do silício na Califórnia, o *cluster* biotecnológico de Boston etc.). Por outro lado, muitas ideias na forma de tecnologias e produtos estão sendo geradas em universidades e instituições de pesquisa e só estão esperando para realizar todo o seu potencial uma vez que tenham sido comercializadas com sucesso (Koch, 2005).

De modo mais qualificado Fryges e Wright (2014) criaram uma tipologia para o Enterprise Research Center visando qualificar, por meio de uma abordagem multinível, as diferentes categorias de *spin-offs*, apresentadas de modo mais detalhado na seção seguinte.

8.1.1 Tipologia de *spin-offs*

Para a construção da tipologia, a premissa básica parte da interação entre o contexto ambiental de qual a *spin-off* é gerada e o modo de geração da *spin-off*. O contexto ambiental distingue-se entre o ambiente comercial das corporações

com fins lucrativos e o ambiente não comercial associado às universidades. No que diz respeito ao modo de geração das *spin-offs,* elas se distinguem entre si: se é gerada a partir de uma atividade existente ou de uma nova atividade. Com estas quatro divisões, Fryges e Wright (2014) propõem o seguinte esquema diagramático e desenvolvem suas proposições:

Tabela 8.2 Tipologia de *spin-offs*

Nível da Firma – Modo de Spin-off		Contexto Ambiental Contexto Universitário	Contexto Comercial
	Firmas Novas	**Quadrante 1** Alumni *startup* *Spin-off* Academica (pura) *Spin-off* Academica (híbrida)	**Quadrante 2** *Spin-off* Corporativa (uso de ativos e propriedade intelectual) *Spin-off* de Empregados (sem uso direto de ativos/propriedade intelectual)
	Atividades Existentes	**Quadrante 3** Cisão ou Aquisição via Privatização de agências ou estações de pesquisa universitária	**Quadrante 4** Cisão Gerencial de uma Divisão Aquisição Gerencial de uma Divisão

Fonte: Fryges e Wright (2014).

8.1.2 Quadrante 1: *spin-offs* de firmas novas no contexto acadêmico

Novas empresas que se originam no contexto acadêmico podem aparecer de várias formas. Basicamente, as novas firmas neste quadrante são caracterizadas por dois atributos distintivos: (i) a transferência de conhecimento e tecnologias gerados em uma universidade para a nova firma; (ii) a equipe de fundadores da empresa é composta por membros de uma universidade.

Alumni *startups* são empresas que foram fundadas por estudantes universitários ou graduados. O conhecimento universitário que estudantes e graduados absorvem por meio da educação universitária torna-se parte da base de conhecimento das *startups* e potencialmente dá às *startups* de ex-alunos uma vantagem inicial em comparação com as *startups* fundadas por não graduados. As universidades normalmente desempenham um papel indireto na promoção desse tipo de empreendedorismo acadêmico, principalmente educando fundadores de *startups* de ex-alunos.

Em contraste com as *startups* de ex-alunos, as *spin-offs* acadêmicas (também chamadas de *spin-offs* ou *spinouts* de universidades) são objeto de uma literatura enorme e crescente. Embora existam várias definições de *spin-offs* acadêmicos, todos eles exigem a transferência de conhecimento e tecnologias da universidade para o *spin-off* acadêmico. A tecnologia transferida pode ser

propriedade intelectual formalizada, por exemplo, a transferência de uma patente via licenciamento de tecnologia (Di Gregorio e Shane, 2003). Alternativamente, a transferência pode consistir em tecnologias não formalizadas e resultados de pesquisas (Djokovic e Souitaris, 2008). A discussão sobre conhecimento e tecnologias transferidos geralmente se concentra em resultados de pesquisas de ciências naturais, ciências da computação ou engenharia. No entanto, *spin-offs* acadêmicos também são frequentemente baseados em resultados de ciências sociais, por exemplo, na indústria de consultoria de negócios (Egeln *et al.*, 2003).

Em relação ao segundo atributo distintivo das novas empresas no Quadrante 1, membros da equipe fundadora vindos de uma universidade, uma definição restrita requer que uma *spin-off* acadêmica seja criada pelo inventor do conhecimento e tecnologia transferidos que a *spin-off* comercializa (Smilor *et al*., 1990). Assim, a formação de uma *spin-off* acadêmica envolve pelo menos uma transição parcial do emprego de um pesquisador universitário da academia para o setor privado com fins lucrativos. Essa definição inclui fundadores de *spin-offs* acadêmicos que permanecem afiliados à universidade incubadora e continuam trabalhando em meio período para a universidade. Se todo o time de fundadores é formado por pesquisadores que (parcialmente) saíram da universidade incubadora, denota-se a nova firma como *spin-off* acadêmico puro. Um tipo híbrido de *spin-off* acadêmico é uma nova empresa criada por uma equipe de fundadores que inclui pesquisadores universitários e fundadores de fora do setor universitário. Este último pode enriquecer a base de conhecimento de uma *spin-off* acadêmica por meio de sua experiência comercial. Tanto o *spin-off* acadêmico puro quanto o híbrido exigem a transferência de conhecimento e tecnologia da universidade para a *spin-off* acadêmica. Novas empresas fundadas por pesquisadores universitários sem se basear em conhecimento e tecnologias transferidos não são classificadas como *spin-offs* acadêmicas, embora alguns autores relaxem essa definição ao caracterizar as *spin-offs* acadêmicas como aquelas *startups* para as quais habilidades e conhecimentos especiais adquiridos pelos fundadores em uma universidade foram essenciais para criar a nova empresa.

Os *spin-offs* acadêmicos começaram a estabelecer seu papel como um importante canal de transferência de tecnologia e comercialização dos resultados de pesquisa das universidades na década de 1960. Pesquisadores universitários que deixaram a comunidade científica sem fins lucrativos para estabelecer uma empresa com fins lucrativos foram inicialmente vistos com ceticismo, pois trabalhar em um ambiente com fins lucrativos não estava de acordo com as normas tradicionais da ciência (Stuart e Ding, 2006). Esse ceti-

cismo diminuiu com o crescente número e importância de *spin-offs* acadêmicos, de modo que a transição para o setor privado passou a ser amplamente aceita e considerada como uma potencial carreira de pesquisador universitário. A literatura discute várias motivações sobre o porquê de um pesquisador deixar a academia e iniciar um novo empreendimento. Por um lado, "fatores de pressão" como a insatisfação com a burocracia e a aversão a uma orientação percebida de baixo risco do ambiente universitário incitam os pesquisadores a ultrapassar os limites de uma universidade (Chiesa e Piccaluga, 2000). Por outro lado, o desejo de independência, a identificação de oportunidades de mercado ou o desejo de concluir um projeto e comercializá-lo por conta própria são "fatores de atração" que incentivam a formação de uma *spin-off* por pesquisadores universitários (Morales-Gualdrón *et al.*, 2009; Chiesa e Piccaluga, 2000). O desejo ou a oportunidade de ganhar dinheiro no setor privado também pode motivar pesquisadores universitários, embora Weatherston (1995) sugira que as razões monetárias não são o objetivo primordial para os pesquisadores montarem um *spin-off* acadêmico. Stuart e Ding (2006) enfatizam que, no contexto universitário, os pesquisadores são mais propensos a iniciar um *spin-off* se trabalharem em conjunto com outros cientistas que já fizeram uma transição para o setor lucrativo para comercializar seus resultados de pesquisa.

A literatura identificou uma série de fatores pelos quais as *spin-offs* acadêmicas recém-fundadas podem ser distinguidas de outras *startups*. Em primeiro lugar, uma vez que o objetivo principal de uma *spin-off* acadêmica é comercializar conhecimentos e tecnologias provenientes da pesquisa universitária, os resultados de pesquisas recentes são incorporados aos produtos e serviços das *spin-offs* acadêmicas. Em segundo lugar, as *spin-offs* acadêmicas possuem uma equipe de fundadores que, por definição, envolve pesquisadores universitários que, pelo menos parcialmente, transitaram da academia para a *spin-off* recém-fundada. Terceiro, *spin-offs* acadêmicos podem se beneficiar de recursos presumivelmente fornecidos pela universidade incubadora. Estes podem incluir patentes ou licenças, redes ou recursos financeiros. Assim, no momento do nascimento as *spin-offs* acadêmicas podem ser dotadas de uma base de recursos superior quando comparadas a outras start-ups. Durante o processo de desenvolvimento empresarial, os *spin-offs* académicos podem ainda beneficiar de ligações à sua universidade incubadora, nomeadamente através de colaborações em atividades de inovação e P&D (Lejpras e Stephan, 2011). No entanto, *spin-offs* acadêmicos podem ser distintos em termos de oportunidades envolvidas. Por exemplo, em comparação com os *spin-offs* corporativos, os *spin-offs* acadêmicos que são mais bem-sucedidos tendem a ter uma tecnologia mais ampla (Clarysse *et al.*, 2011a, b).

8.1.3 Quadrante 2: *spin-offs* de firmas novas no contexto comercial

Além de universidades e institutos públicos de pesquisa, empresas com fins lucrativos estabelecidas são importantes incubadoras de *startups*. Fryges *et al.* (2010) mostram que 85% de todas as *startups* na Alemanha foram criadas por fundadores que anteriormente trabalhavam em empresas privadas com fins lucrativos. Semelhante às *spin-offs* acadêmicos, as *spin-offs* corporativos se distinguem de outras *startups* ao receber uma transferência de conhecimento de sua empresa originária. Parhankangas e Arenius (2003, p. 464) definem um *spin-off* corporativo como uma "formação de novos negócios com base nas ideias de negócios desenvolvidas dentro da empresa-mãe sendo levadas para uma empresa autônoma". Além dos *spin-offs* baseados em novas tecnologias e descobertas desenvolvidas na empresa originária.

A transferência de conhecimento da empresa originária é uma característica distintiva de uma cisão corporativa. Sapienza *et al.* (2004) apontam três tipos de conhecimento que são potencialmente transferidos da empresa originária e podem dar à empresa *spin-off* uma base de conhecimento profunda como fonte de sua vantagem competitiva: conhecimento de produção, tecnologia e *marketing*. A transferência de conhecimento pode ocorrer de forma informal, por exemplo, por meio de conhecimento tácito, ou de forma formal, por exemplo, por meio de patentes ou licenças que são comercializadas pela empresa *spin-off*.

Além da transferência de conhecimento, a formação de uma cisão corporativa envolve a transição dos empreendedores da matriz para a cisão recém-criada. A transição de empreendedores é relevante tanto para as *spin-offs* corporativas que foram criadas por ex-funcionários da empresa originária que decidiram deixar a empresa originária e iniciar seu próprio negócio ("*spin-offs* empreendedoras"; Van de Velde *et al.*, 2007) e para cisões societárias iniciadas pela própria controladora ("cisões assistidas"). Neste último caso, o funcionário que desenvolveu a nova ideia de negócio ou tecnologia ou um gerente experiente da empresa originária podem ser nomeados para chefiar a cisão assistida.

Empreendedores que deixam a empresa originária para iniciar uma nova empresa podem ser acompanhados por outros funcionários com quem trabalharam juntos anteriormente na empresa originária. Novas empresas que empregam um grupo de funcionários que anteriormente trabalhavam para a mesma empresa originária são chamadas de *spin-offs* de funcionários. Este último não envolve necessariamente a transferência de uma nova ideia

de negócio ou uma nova tecnologia da empresa originária para a *spin-off*. No entanto, supõe-se que os ativos intelectuais estão incorporados no grupo de funcionários que se deslocam da matriz para a cisão, de modo que os ativos intelectuais são transferidos indiretamente. Presume-se que uma transferência substancial ocorra se o grupo de funcionários que fez a transição da empresa-mãe para a cisão representa uma parcela predefinida da força de trabalho da cisão.

Autores como Muendler *et al.* (2012) caracterizam empresas *spin-off* de funcionários se ao menos 25% da força de trabalho da nova empresa trabalhou anteriormente na empresa originária, considerando que as *spin-offs* possuam pelo menos cinco funcionários. Eriksson e Kuhn (2006) aumentam essa proporção para 50%, caso as *spin-offs* possuam entre dois e dez funcionários.

O gatilho para configurar uma cisão corporativa difere entre cisões iniciadas pela empresa originária e aquelas criadas por funcionários que desejam realizar suas ideias de negócios. A principal razão para uma empresa originária iniciar uma cisão corporativa é que ela desenvolveu uma nova tecnologia ou descoberta que não se encaixa nas atividades principais da empresa originária. Em vez de expandir o escopo de atividades da matriz ou abandonar a nova tecnologia, a matriz pode decidir estabelecer uma nova empresa para comercializar a nova tecnologia (Van de Velde *et al.*, 2007). As cisões corporativas iniciadas pela empresa-mãe são consideradas fontes importantes para o crescimento futuro da empresa originária (Bruneel *et al.*, 2013).

As *Spin-offs* Corporativas, fundados por ex-funcionários da empresa originária, podem ser agrupados em *spin-offs* de oportunidade ou de necessidade (Buenstorf, 2009). O gatilho para um *spin-off* de oportunidade é o desejo do funcionário de implementar uma nova ideia ou uma nova tecnologia gerada na empresa-mãe e que esta não deseja explorar. Uma *spin-off* de necessidade, por sua vez, é desencadeada por eventos adversos que podem envolver o encolhimento, reorientação ou fechamento da empresa, ou mesmo sua aquisição por um concorrente. Em face de tais choques adversos, os funcionários podem se deparar com uma maior probabilidade de perda de emprego ou redução de renda, o que pode ser o gatilho para deixarem a empresa-mãe e iniciarem uma cisão. No entanto, como enfatiza Buenstorf (2009), os fundadores de uma *spin-off* de necessidade também podem simplesmente ter descoberto uma oportunidade de negócio durante seu trabalho na empresa originadora.

As cisões corporativas podem se beneficiar do relacionamento com sua empresa originária de várias maneiras. Como a ideia de negócio foi desenvolvida

dentro da matriz, a cisão corporativa pode começar, por exemplo, com uma tecnologia mais madura para que a cisão corporativa tenha que investir menos em tecnologia. A relação empresa originária-*spin-off* é frequentemente refletida pela empresa originária que detém uma participação acionária da cisão corporativa.

8.1.4 Quadrante 3: *spin-offs* derivadas de atividades existentes no contexto Acadêmico

A criação de *spin-offs* como *startups* derivativas reconhece a transferência de conhecimento e ativos tecnológicos para um contexto comercial, quase privado, no qual a universidade normalmente mantém uma participação acionária significativa. As atividades também podem ter se desenvolvido inicialmente em um contexto acadêmico com base em contratos de pesquisa, mas que começam a gerar receitas comerciais à medida que a relevância prática passa a atrair interesse. Fazer parte de uma universidade pode restringir a capacidade de explorar totalmente as atividades geradoras de receita devido às restrições impostas pelo ambiente universitário.

As avaliações dos limites do setor público também podem questionar por que certas atividades precisam ser de propriedade pública. Por exemplo, a extensa privatização das atividades do setor público no Reino Unido começou com os governos conservadores durante a década de 1980 e continuou na década de 1990. Embora esses programas tenham sido amplamente transferidos para o setor privado de grandes empresas estatais, eles também viram a privatização de divisões de empresas estatais comerciais e algumas atividades de autoridades locais como *spin-offs*. De particular relevância para este quadrante, as privatizações como *spin-offs* também envolveram atividades de pesquisa quase comerciais de longa data realizadas em universidades ou associadas a universidades (Robbie e Wright, 1996; Wright *et al.*, 1993). Por exemplo, a Open University Press foi comprada da Open University.

8.1.5 Quadrante 4: *spin-offs* derivadas de atividades existentes no contexto comercial

As cisões de atividades existentes em um contexto comercial podem assumir a forma de uma aquisição pela administração ou de uma divisão. Em geral, tais aquisições envolvem a criação de uma nova entidade independente na qual a propriedade é concentrada nas mãos de empresas de gestão e *Private Equity*

(PE), se presentes, com financiamento substancial fornecido por bancos (Gilligan e Wright, 2012). As firmas de PE tornam-se investidores ativos por meio de assentos no conselho e especificando restrições contratuais sobre o comportamento da administração que incluem requisitos de relatórios detalhados. Em uma aquisição de gestão, a incumbente fica com uma proporção substancial do patrimônio. Um management *buying* (MBI) é uma aquisição de gestão no qual os principais membros da equipe de gerenciamento são de fora da corporação. Quando há uma relação comercial contínua, a ex-controladora pode manter uma participação minoritária na aquisição, o que ajuda a manter um relacionamento próximo, dá legitimidade ao empreendimento recém-independente e permite que a antiga controladora evite o possível constrangimento de ter vendido a divisão muito barato, mas permitindo que ele compartilhe qualquer vantagem quando a compra é eventualmente encerrada pelos novos investidores.

Os benefícios desses tipos de *spin-offs* surgem como resultado das diversas medidas burocráticas de desempenho que em grandes organizações podem restringir a experimentação e restringir a atividade inovadora. Após a aquisição, em vez de ter que adotar controles da matriz projetados para otimizar os objetivos da matriz diversificada, os novos proprietários-gerentes podem decidir o que é melhor para o negócio. Essa abordagem pode ser especialmente importante nos casos em que há perspectivas de inovação significativa de produtos e processos. Por exemplo, aquisições empresariais podem surgir em indústrias de base tecnológica onde, em uma organização complexa, a controladora não tinha a capacidade de gerenciar ou entender a tecnologia, ou de incentivar adequadamente o gerenciamento da atividade. Em contraste, a gestão divisional pode ter habilidades superiores e idiossincráticas para processar informações limitadas e incompletas sobre novas oportunidades (Wright *et al.*, 2000).

Em alguns casos, o *spin-off* de aquisição de gestão pode continuar a ser negociado com a controladora ou se beneficiar do vínculo com esta. Evidências sugerem que *spin-offs* de aquisição de gestão se envolvem em esforços para reduzir a assimetria de interdependência com seus antigos controladores, buscando explorar novos clientes e mercados (Wright, 1986).

As empresas originárias também podem desmembrar atividades existentes de duas maneiras principais. As primeiras atividades existentes podem ser separadas da controladora, porém, com esta mantendo o controle acionário na forma de empreendimento corporativo (Phan *et al.*, 2009; Narayan *et al.*, 2009). Por exemplo, uma empresa controladora pode precisar encontrar uma maneira de incentivar os gerentes a desenvolver atividades empreendedoras fora das restrições da estrutura de remuneração corporativa.

Em segundo lugar, as empresas originárias podem desmembrar as atividades existentes criando uma empresa recém-listada. Isso pode envolver a criação de duas novas empresas listadas em que os acionistas da antiga controladora recebem um novo conjunto de ações da "nova" controladora e a empresa cindida substituindo sua participação inicial apenas na "antiga" controladora. Estes *spin-offs* não envolvem dinheiro, mas os acionistas têm um novo conjunto de oportunidades que lhes permite ajustar as suas participações nas novas entidades separadas de acordo com as suas preferências de retorno de risco, o que antes não podiam fazer. A separação pode possibilitar maior eficiência por meio da adoção de estruturas e processos de governança e controle mais específicos para cada entidade. Para as corporações em questão, elas podem enviar sinais mais claros ao mercado de ações sobre as estratégias e perspectivas das entidades separadas do que era possível anteriormente. Essa separação também pode tornar mais fácil para partes de alto crescimento de uma corporação anteriormente diversificada levantar fundos significativos.

8.2 Importância das *Spin-Offs* como Canais de Difusão e Transferência de Tecnologias

As *spin-offs* ocupam um papel de destaque nos canais de transmissão de conhecimento e de diversificação da economia, seja pela sua interface entre corporações, universidades e novos atores ou por sua capacidade de absorver os riscos e novidades das inovações sem comprometer a estrutura produtiva e econômica vigente. Para destacar a posição que este perfil de empresas possui, é importante detalhar como funcionam esses canais, sobretudo, quando possível, traçando paralelos sobre os aspectos ligados ao setor de Petróleo e Gás. Parte do processo destes mecanismos é elencada a seguir.

8.2.1 Transição de conhecimento

Lyng e Brun (2018) propõem um modelo conceitual que incorpora a influência de proximidades relevantes, cognitiva, tecnológica e geograficamente. O modelo conceitual consiste em três fases:

1. Descoberta de conhecimento potencialmente relevante;
2. Trânsito de conhecimento potencialmente relevante de um setor a outro setor diferente;
3. Integração do novo conhecimento na base de conhecimento estabelecida no setor receptor.

Os autores argumentam que a fase de descoberta precisa de proximidade cognitiva, mas não de proximidade tecnológica. Isto é, se uma ideia for suficientemente interessante para se tornar o foco de um trânsito de conhecimento, a proximidade tecnológica vai gradualmente se concretizar. A proximidade geográfica, por sua vez, é defendida como relevante na fase de descoberta e trânsito de conhecimento.

A fase de descoberta pode consistir em atividades formais como programas educacionais ou seminários setoriais ou simplesmente reuniões informais. A empresa norueguesa Shoreline é agora um importante fornecedor de serviços para a indústria eólica *offshore* global. A ideia da empresa foi concebida enquanto o fundador conduzia seus estudos de doutorado em tecnologias de alto mar na Universidade de Stavanger. A associação Pumps and Pipes teve seu início em um encontro casual em um voo de longa distância, quando um médico e engenheiro de petróleo descobriram analogias entre o sistema circulatório humano e as bombas e tubos da indústria do petróleo. Entretanto, esses mecanismos casuais e informais não são tão determinantes.

A fase de trânsito ocorre quando o conhecimento potencialmente relevante foi identificado. Esta fase pode consistir em novos seminários, exposições, feiras, bem como a reunião de novas informações ou estabelecimento de parcerias estratégicas.

As transferências de conhecimento podem ocorrer por meio da colaboração entre empresas em projetos, monitoramento de outras empresas para geração de inspiração e ainda pela mobilidade de trabalhadores que levam o conhecimento tácito e informações das atividades de outras empresas, como bem indica Hjertvikrem e Fitjar (2021). Eles utilizaram a análise de redes sociais para estudar canais de conhecimento na indústria submarina de petróleo em Rogaland e descobriram que esses três processos tendem a reforçar um ao outro, encontrando relativamente mais colaboração entre empresas que também monitoram ou recrutam umas das outras. Outro potencial canal de transmissão de conhecimento é através da transferência entre ciência e Indústria.

Gil e Vissers (2009) desenvolveram uma tipologia de canais de transferência de conhecimento de acordo com o objetivo do P&D e o intervalo de tempo. Se o objetivo é transferir competência técnica e o período de tempo é curto, os objetivos podem ser alcançados por meio de uma simples consultoria acadêmica, contrato de P&D ou emprego acadêmico temporário. Se o prazo for maior e/ou se o foco for no desenvolvimento de produtos ou processos e houver preocupações de exclusividade, algumas firmas podem optar por participar dentro de consórcios de pesquisa de forma a se manterem informados sobre os desenvolvimentos científicos.

Na fase de integração, o novo conhecimento é adicionado à base de conhecimento estabelecida do setor receptor. Exemplos importantes que podem ser citados desta fase são como produção da indústria automobilística está agora bem integrada na maioria das indústrias de manufatura; na linha de montagem da Ford; nos princípios lean da Toyota e no uso geral da robótica (Center for Automotive Research, 2010; Kearney, 2021).

Um exemplo de integração de conhecimento na indústria de petróleo *offshore* é a tecnologia de construção das torres de concreto por deslizamento que se originou na indústria de concreto norueguesa, mas foi aperfeiçoada no projeto e construção das grandes plataformas de concreto da década de 1970 até Troll A em 1995 (Larsen, 2018). Torres de concreto por deslizamento são agora um dos padrões tecnológicos totalmente integrados como tecnologia padrão do setor de concreto norueguês e passando por um renascimento no setor *offshore* através das subestruturas para as turbinas eólicas *offshore* flutuantes. Mais adiante será mostrado o papel que as *spin-offs* tem desempenhado nesse processo.

8.2.2 Diversificação

Segundo Blomgren (2021), diversificação do conhecimento e recursos pode ser visto como um processo de ramificação no qual a inovação do produto leva a novas rotinas recombinando ou modificando as rotinas existentes. Frenken e Boschma (2007) esboçam três processos principais para essa replicação ou diversificação de rotina. Primeiro, as rotinas são replicadas dentro da empresa por meio da criação de *novas divisões ou subsidiárias de propriedade total ou parcial.* Em segundo lugar, as rotinas são parcialmente replicadas por meio *de spin-offs de funcionários* (Klepper e Sleeper, 2005). Terceiro, as rotinas são totais ou parcialmente replicadas por meio da *mobilidade da mão de obra* fora da organização existente.

Existem inúmeros exemplos de diversificação de empresas através da criação de *novas divisões ou subsidiárias de propriedade total ou parcial.* A empresa norueguesa Norsk Hydro entrou na área de petróleo pela primeira vez em 1963 por meio de uma aliança com o grupo Petronord, liderado pela francesa Total, e mais tarde estabeleceu sua própria divisão de petróleo, que em 2007 se fundiu com a Statoil para formar a atual Equinor. A teoria central que explica esse tipo de diversificação é a visão baseada em recursos da empresa, tanto recursos tangíveis, tais como artefatos tecnológicos e bens de capital e recursos intangíveis, como conhecimento técnico, conhecimento

do cliente e capacidades gerenciais (Thune e Mäkitie, 2019). De acordo com essa literatura, a diversificação é potencial e altamente desejável, pois pode gerar economias de escala se a empresa conseguir melhorar a utilização da capacidade e economias de escopo se a empresa conseguir utilizar sinergias entre mercados que exigem recursos semelhantes. Um exemplo de economias de escala e escopo é como os armadores e estaleiros noruegueses se diversificaram para possuir, operar e construir embarcações e plataformas *offshore* (Ryggvik, 2013; 2015). A concessionária de energia norueguesa Lyse conseguiu diversificar em telecomunicações por cabo, concentrando-se em suas competências na colocação de redes subterrâneas cabos e sua alta qualidade de apoio ao cliente (Gjelsvik, 2018).

Existem várias perspectivas para entender o que impulsiona e afeta o processo de diversificação da empresa. A perspectiva original sobre a diversificação de empresa argumenta que dado que economias de escala ou escopo são mais viáveis quando mais recursos da empresa estão presentes, a extensão ou grau de recursos disponíveis da empresa influencia a probabilidade de diversificação (Thune e Mäkitie, 2019).

A segunda perspectiva sobre a diversificação da empresa argumenta que os tipos de recursos ou capacidades da empresa influenciam a probabilidade de diversificação (Thune e Mäkitie, 2019). Os recursos podem ser classificados de acordo com graus de transferibilidade para novos mercados (Pisano, 2016). Recursos específicos de um determinado mercado podem reduzir a probabilidade de diversificação e aumentar a probabilidade de se concentrar em colher valor de mercados existentes (Teece, Pisano e Shuen, 1997), enquanto recursos mais genéricos ou de propósito geral podem aumentar a probabilidade de diversificação (Levinthal e Wu, 2010). As empresas sediadas na Noruega que se diversificaram para o setor de petróleo no final da década de 1960 ostentavam recursos de uso geral na construção naval, classificação marítima e propriedade e operação de embarcações (Blomgren e Quale, 2019; Ryggvik, 2013).

Uma terceira perspectiva vê os recursos/capacidades da empresa como dinâmicos e argumenta que a diversificação bem-sucedida depende de fazer os investimentos certos em recursos/capacidades específicos do mercado ou de propósito geral sob condições de incerteza pelo lado da demanda e da oferta (Pisano, 2016). Os investimentos em recursos implicarão custos se feitos por meio de P&D corporativo, reciclagem de pessoal ou aquisições (Lee e Lieberman, 2010), mas menos ou nenhum custo se feitos por meio de alianças/parcerias estratégicas ou *joint ventures* (Lieberman, Lee e Folta, 2017).

A incerteza do lado da oferta será menor se uma companhia melhorar as capacidades existentes do que quando estiver ampliando seu repertório. Isso pode explicar por que uma empresa como a Aibel[1] está diversificando para a energia eólica *offshore* através do equipamento de subestações/conversores – exigindo capacidades e estruturas de equipamento de gás – deixando o projeto e a fabricação das unidades HDVC e *links* de rede – o que exigiria uma ampliação de suas capacidades – para um parceiro estratégico, neste caso a ABB[2] e a Hitachi ABB (atual Hitachi Energy após desinvestimento da ABB).

A incerteza pelo lado da demanda pode ser mais alta se a entrada em novos mercados requer desenvolvimento de novas capacidades específicas de mercado (Pisano, 2016) e isso pode explicar por que muitos fornecedores tentam entrar em novos mercados por meio de alianças ou parcerias estratégicas com usuários ou clientes finais importantes.

Dentro das perspectivas apresentadas, alguns tipos de diversificação e transmissão de conhecimento são possíveis através do avento de *spin-offs*, que podem ser de inúmeros modos, como já apresentado em seções anteriores e reavaliadas a seguir.

Spin-off de empregados: acontece quando um antigo funcionário de uma companhia estabelece empresas dentro da mesma indústria ou em indústrias diferentes (Klepper e Sleeper, 2005). Segundo Klepper (2007), este perfil de *spin-off* foi preponderante no desenvolvimento de Detroit como hub do setor automobilístico nos EUA. As *spin-offs* de funcionários também são considerados uma parte importante do desenvolvimento da indústria no sudoeste da Noruega (Hydle, 2016; Hydle e Meland, 2016). Um exemplo recente de cisão de funcionários é quando ex-funcionários da Equinor estabeleceram a Horisont Energi com foco na produção de amônia verde.

---

[1] Aibel é uma empresa líder de serviços nas indústrias de petróleo, gás e energia eólica *offshore*. A Aibel constrói e mantém plataformas e outras infraestruturas críticas para o setor de energia. A empresa ocupa uma posição de liderança nas indústrias eólicas *offshore* europeias e eletrificação de instalações *offshore* de petróleo e gás e plantas de processamento onshore. A Aibel é um dos maiores fornecedores da plataforma continental norueguesa e um fornecedor completo de soluções inovadoras e sustentáveis. Disponível em: https://aibel.com/company. Acesso em: 11 out. 2022

[2] A ABB é uma empresa líder em tecnologia global que energiza a transformação da sociedade e da indústria para alcançar um futuro mais produtivo e sustentável. Ao conectar o *software* ao seu portfólio de eletrificação, robótica, automação e movimento, a ABB ultrapassa os limites da tecnologia para elevar o desempenho a novos níveis. Disponível em: https://global.abb/group/en/about. Acesso em: 11 out. 2022

Outro exemplo é como o ex-engenheiro de petróleo Svein Kvernstuen fundou a Beyond no desenvolvimento e produção de baterias de serragem. O caso da Beyonder mostra importantes ligações entre *spin-offs* e empresas existentes. Pouco antes do Natal de 2020 a Equinor comprou uma participação na Beyonder e considera utilizar a empresa como um veículo para entrar no mercado de baterias.

Mobilidade de Trabalhadores: acontece quando antigos funcionários se movem de uma organização existente ou de suas subsidiárias para uma nova organização no setor privado ou público. Um exemplo é o caso do Diretor de Tecnologia da National Oilwell Varco que assumiu um papel semelhante na empresa antidesertificação Desert Control que atua também em Dubai. Frenken e Boschma (2007) argumentam que enquanto os processos de replicação/diversificação em princípio podem ocorrer tanto localmente quanto à distância, a maioria ocorrerá localmente, argumento que se assemelha à discussão das proximidades geográficas na literatura sobre transição do conhecimento. Eles argumentam que a maior parte da rotação de funcionários ocorre no mesmo mercado de trabalho, a maioria das *spin-offs* localiza-se perto da matriz e que a maioria das novas divisões é criada dentro das fábricas existentes. Entretanto, é possível haver uma diversificação quando a *spin-off* visa atender novos mercados.

Desta forma, é possível resumir a estrutura dos canais de difusão de conhecimento e tecnologias do setor de petróleo, particularmente no que tange a utilização de *spin-offs*, a partir da Tabela 8.3.

Tabela 8.3 Modelo conceitual de transição de conhecimento e diversificação de recursos e conhecimento do setor de petróleo

Fases	Processos
Transição de Conhecimento de relacionado às Indústrias de Petróleo	I. Descoberta de conhecimento no setor de petróleo potencialmente relevante; II. Trânsito de conhecimento relacionado ao setor de petróleo; III. Integração do conhecimento na entidade na empresa/setor fora do setor de petróleo;
Diversificação de Conhecimento e Recursos Relacionados à Indústria de Petróleo	I. Mobilidade de Trabalhadores de companhias do setor de petróleo; II. *Spin-offs* de trabalhadores de companhias do setor de petróleo; III. Organizações existentes relacionadas ao setor de petróleo provendo produtos e serviços para mercados fora do setor de Petróleo.

Fonte: Adaptado de Blomgren, (2021).

8.3 Metodologia

O objetivo deste trabalho é identificar *spin-offs* criadas a partir do conhecimento produzido ou impulsionado pela Petrobras. Nesse sentido, o conceito adotado aqui é mais próximo do conceito de *spin-offs* acadêmicas ou, na matriz proposta por Fryges e Wright (2014), aquelas que pertencem ao primeiro quadrante de empresas, com forte ligação com o meio acadêmico e cujo surgimento é, em alguma medida, derivado da produção de ciência e tecnologia realizada em parceria com a Petrobras.

Contudo, identificar novas empresas de base tecnológica não é uma tarefa trivial. Praticamente inexistem fontes de informação que realizam esse tipo levantamento. A principal é a Associação Brasileira de *Startups*, uma rede de desenvolvimento das *startups* que contribui com o ecossistema de inovação e mapeia anualmente as empresas nascentes de base tecnológica em todos os setores no Brasil. Em seu website (https://abstartups.com.br/) essa associação divulga uma lista de empresas nascentes de base tecnologia que, no ano de 2021, continha mais de 2.250 *startups* criadas nos últimos anos no país. Essa é a lista que serviu de base para o mapeamento.

A fim de identificar alguma relação dessas empresas nascentes com a Petrobras ou com projetos financiados pela Petrobras, diversos procedimentos foram realizados. Em primeiro lugar, a lista de empresas da Associação não continha o CNPJ das empresas, variável chave para identificar e acompanhar a evolução delas. Assim, para associar o nome das empresas ao seu CNPJ, foi desenvolvido um *script* em R a fim de coletar informações da web de maneira automatizada (*Web Scraping*) e, a partir dessas informações identificar o CNPJ das *startups*. A ferramenta escolhida para automatizar as consultas *web* foi o Selenium[3], uma ferramenta *open source* que permite navegar em páginas de sites em diferentes navegadores por meio de *scripits*. Dessa forma, o pacote RSelenium[4] realiza a integração com a linguagem R permitindo a integração com outras etapas do processo em um mesmo ambiente de programação. Também foram utilizadas ferramentas de checagem de CNPJs corretos a partir dos dígitos verificadores, bem como a padronização dos CNPJs obtidos para o formato XX.XXX.XXX/YYYY-ZZ.

[3] https://www.selenium.dev/.

[4] https://cran.r-project.org/web/packages/RSelenium/RSelenium.pdf.

Uma vez identificados os CNPJs das empresas, ainda faltava estabelecer alguma conexão entre essas empresas nascentes e a Petrobras. Essa conexão se fez a partir da identificação de sócios das empresas que tivessem participado de projetos de pesquisa com a Petrobras nos últimos anos. Duas relações são fundamentais para estabelecer essa conexão.

Em primeiro lugar, foi preciso identificar o nome e o CPF dos sócios das empresas *startups* divulgadas na relação da Associação Brasileira de *Startups*. Para identificar os pesquisadores sócios de *startup* é utilizada a base de Sócios da Receita Federal[5]. Nessa etapa são identificados todos os sócios que se relacionam com as empresas selecionadas utilizando como chave de cruzamento o CNPJ da empresa. Os dados de sócios podem ser facilmente consultados e baixados no portal Brasil.io[6], visto que já está disponibilizado como tabela após todo o tratamento e consolidação. A tabela de sócios disponibiliza apenas trecho do CPF cadastrado, de forma que os cruzamentos seguintes serão realizados com a parte não censurada em conjunto com o primeiro nome do sócio da *startup*.

Em segundo lugar, foram identificados os pesquisadores que em algum momento foram associados a projetos em parceria com a Petrobras, a partir de informações disponíveis no sistema de gerenciamento de projetos de pesquisa da empresa (Sigitec). Novamente o cruzamento é realizado via nome e trecho não censurado do CPF. A partir desses cruzamentos, foi possível identificar quantas *startups* têm como sócios pesquisadores associados à Petrobras, o que é um indício de *spin-offs* criadas a partir do conhecimento gerado pela empresa.

A lista de *startups* também foi ligada à Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e à base de dados do currículo Lattes, do CNPq, a fim de identificar empresas *startups* criadas por pesquisadores brasileiros cadastrados no Lattes. Os resultados desses cruzamentos são apresentados na próxima seção.

Além dessa abordagem quantitativa, o questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa realizados com a Petrobras e descrito no Capítulo 4, também possui algumas perguntas sobre *spin-offs* criadas pelos projetos. Especificamente sobre *spin-offs*, foi feita a seguinte pergunta: nos últimos 10 anos, os projetos de pesquisa desenvolvidos com a Petrobras ou outras empresas do setor de Petróleo (com base na cláusula de P&D da ANP)

---

5 https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/orientacao-tributaria/cadastros/consultas/dados-publicos-cnpj (acesso em: abr. 2022).

6 https://brasil.io/dataset/socios-brasil/socios/ (acesso em: abr.2022).

deram (ou estão dando) origem a *spin-offs* (novas empresas que nascem a partir da pesquisa, com o objetivo de explorar um novo produto ou serviço de alta tecnologia)? As respostas a essa pergunta serão utilizadas para qualificar e debater os resultados obtidos aqui.

8.4 Resultados

Os procedimentos descritos foram aplicados à lista de 2.256 nomes distintos de *startups* disponíveis na Associação Brasileira de Startups. Dessa lista, foram encontrados CNPJs para 1.500 empresas, ou 66% do total. Alguns fatores explicam esse baixo número de CNPJs, entre as quais o fato que muitas empresas possuem nomes muito curtos ou comuns o que dificulta até mesmo a pesquisa com os mecanismos de busca e, além disso, alguns nomes correspondem ao nome fantasia que pode diferir muito da razão social registrada formalmente.

Tabela 8.4 Frequência de *startups* da lista da Associação Brasileira de Startups, cujos CNPJs foram encontrados e que estão presentes na RAIS e na base de dados de sócios da RFB

***Startups* X RAIS**	**n**	**(%)**	***Startups* X Sócios RFB**	**n**	**(%)**
Inexistente na RAIS	1.023	45%	Inexistente na base de sócios	1.067	47%
CNPJ encontrado	1.235	55%	CNPJ encontrado	**1.189**	53%

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 8.4 mostra que aproximadamente metade das *startups* listadas tinha CNPJ válido e foi encontrada na RAIS e na base de sócios da Receita Federal do Brasil. Percebe-se, por essa tabela, que a maior perda de informação se deveu justamente à dificuldade em encontrar os CNPJs das empresas da Associação Brasileira de Startups. Entre as 1.500 empresas para as quais foram obtidos os CNPJs, 1.235 foram encontradas na RAIS e 1.189 foram encontradas na base de sócios da Receita Federal. São os sócios dessas 1.189 empresas que foram, posteriormente, procurados entre os pesquisadores associados aos projetos com a Petrobras e entre os pesquisadores que possuem currículo cadastrado na plataforma Lattes.

Os resultados desses cruzamentos são mostrados na Tabela 8.5. Entre as 1.189 *startups*, apenas 191 são empresas que possuem como sócio um pesquisador brasileiro com currículo na plataforma Lattes. Esse dado sugere um número baixo de *startups* acadêmicas no país, especialmente porque a maior parte dos pesquisadores brasileiros possui currículo na plataforma Lattes,

dado que este é um pré-requisito para a obtenção de financiamento pelas agências oficiais de fomento à ciência. As restrições legais à constituição de empresas a que estão sujeitos professores de universidades públicas brasileiras, que são a maior parte dos pesquisadores do país, pode ser uma explicação para esse baixo nível de empreendedorismo acadêmico. Também é importante considerar que, a relação da Abstartups, embora seja a relação mais ampla disponível no país, não é exaustiva e é provável que muitas *startups* brasileiras não pertençam à Associação ou não estejam listadas naquela relação.

Tabela 8.5 Frequência de *startups* da lista da Associação Brasileira de *Startups*, cujos CNPJs foram encontrados e que estão presentes na RAIS e na base de dados de sócios da RFB

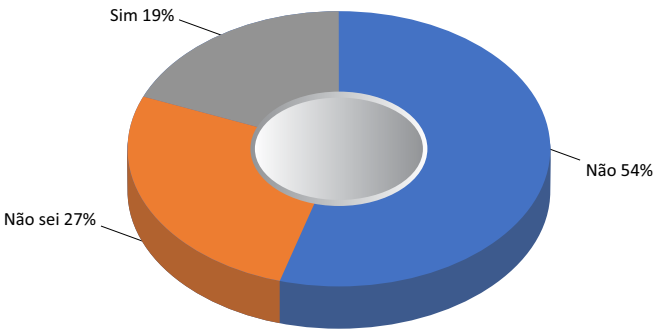
Pesquisador Lattes	n	(%)	Petrobras Sigitec	n	(%)
Sócios não encontrados no Lattes	996	84%	Sócios não encontrados no Sigitec	1.185	99,6%
Encontrado	193	16%	Encontrado	4	0,4%

Fonte: Elaboração própria.

Quando procuramos os sócios das *startups* brasileiras entre os pesquisadores que tiveram projetos de pesquisa patrocinados pela Petrobras nos últimos anos, encontramos apenas quatro empresas cujos sócios desenvolvem projetos com a Petrobras. Apesar de todas as limitações das informações disponíveis para essa análise, incluindo o fato de que o sistema de gerenciamento de projetos da Petrobras (Sigitec) é por vezes incompleto em relação ao nome dos pesquisadores, esse baixo número de *startups* sugere um impacto muito restrito da Petrobras sobre a criação de *spin-offs* acadêmicas. Ainda mais se considerarmos a possibilidade de que essas empresas não sejam o resultado direto dos projetos de pesquisa apoiados pela Petrobras.

As respostas obtidas diretamente dos coordenadores de projetos de pesquisa com a Petrobras, por meio de questionário aplicado, mostram um número um pouco maior de *spin-offs*, mas não alteram o quadro geral. No questionário, foi perguntado aos coordenadores se os projetos com a Petrobras ou com outras empresas do tinham contribuído para a criação de empresas *spin-offs*. Cerca de 19% dos respondentes (ou 50 entre 266) afirmaram que sim, que o projeto de pesquisa com a Petrobras (ou com outra empresa do setor) deu origem a alguma *spin-off* (Gráfico 8.1). No entanto, quando solicitados a informar o CNPJ das empresas *spin-offs*, apenas 16 empresas foram mencionadas. Algumas das *spin-offs* poderiam estar apenas na fase de ideação, que é a fase na qual a empresa ainda não está estabelecida, mas sendo concebida pelos seus fundadores.

Gráfico 8.1 O projeto de pesquisa com a Petrobras originou ou está originando alguma empresa *spin-off*?



Fonte: Questionário aplicado aos coordenadores de projetos de pesquisa financiados pela Petrobras.

De modo geral, contudo, tanto procedimento de busca pelos sócios das *startups* entre os pesquisadores associados a projetos com a Petrobras, quanto o questionário aplicado a esses pesquisadores mostram um cenário parecido. O número de novas empresas criadas a partir ou com base no conhecimento e nas tecnologias desenvolvidas nos projetos de pesquisa para o setor de petróleo ainda é muito baixo *vvis-à-vis* o que ocorre no resto do mundo.

Por um lado, as próprias condições econômicas do país no período recente, de recessão e baixo crescimento econômico, aliado, no setor de petróleo, a um período longo de baixos preços internacionais, ajudam a explicar esse baixo empreendedorismo recente. Por outro lado, o surgimento de *spin-offs* acadêmicas no Brasil esbarra em condições institucionais e em legislações que limitam as possibilidades de que pesquisadores e professores de instituições públicas criem ou sejam sócios de empresas privadas. Como, no caso brasileiro, a maior parte do sistema de produção de C&T é público, isso tem efeitos importantes sobre o empreendedorismo acadêmico.

Contudo, além das condições econômicas e institucionais mais gerais do país e do setor de petróleo e gás, também vale destacar alguns aspectos da própria Petrobras. Diferentemente de diversas outros grandes *players* do setor de petróleo no mundo, a Petrobras não tem um fundo de investimento em empresas nascentes (os chamados *corporate ventures*) ou um programa de investimento nesse tipo de empresa. Embora a empresa possua programas específicos para o desenvolvimento de sua cadeia de fornecimento, esses programas são historicamente voltados à melhoria da qualidade e da eficiência dos fornecedores já instalados e não na criação de novas empresas, *startups* ou empresas de base tecnológica.

Recentemente, a Petrobras criou um programa, em parceria com o SEBRAE, para estimular o surgimento de *startups* em áreas relevantes para o setor. O programa Petrobras Conexões para a Inovação teve seu primeiro edital lançado em 2019 com o objetivo de financiar até 10 projetos de empresas inovadoras num valor total investido de R$ 10 milhões. Em 2020, embora o valor total do edital tenha se mantido em R$ 10 milhões, dezoito empresas foram selecionadas para o programa. Embora promissor, o programa ainda é recente para que se possa avaliar seus resultados e os valores investidos são ainda bastante modestos. Contudo, também é um indício de que a Petrobras está atenta ao desenvolvimento de *startups* e de *spin-offs* como uma forma de diversificar e aprimorar sua cadeia de fornecimento.

Referências

Araujo, G. C.; Szpigel, P. (2013) Strategic drivers for oil business model: vertical integration versus *spin-off*; Direcionadores estrategicos para o modelo de negocios petroliferos: integracao vertical versus *spin-off*. Brazil.

Blomgren, A. (2021). Recycling petroleum related knowledge and resources: A case study of channels for knowledge transition and diversification in South West Norway.

Blomgren, A., e Quale, C. (2019). Steel, Staff and Solutions: Past, present and future prospects for employment in the Norwegian-based petroleum supplier industry. In T. Thune, O. A. Engen, & O. Wicken (Eds.). *Petroleum industry transformations: Lessons from Norway and Beyond*. London: Routledge.

Bruneel, J., Velde, E. V. e Bart, C. (2013), Impact of the Type of Corporate *Spin-off* on Growth, *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37 (4), 943-959.

Buenstorf, G. (2009), Opportunity *Spin-offs* and Necessity *Spin-offs*, *International Journal of Entrepreneurial Venturing*, 1 (1), 22-40.

Center for Automotive Research. (2010). *Contribution of the automotive industry to the economies of all fifty states and the United States*. Retrieved from Ann Arbor, Michigan:

Chiesa, V. e Piccaluga, A (2000), Exploitation and diffusion of public research: the case of academic *spin-off* companies in Italy, *R&D Management*, 30 (4), 329-340.

Clarysse, B.; Bruneel, J. e Wright, M (2011a), Explaining growth paths of young technology-based firms: Structuring resource portfolios in different competitive environments. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 5 (2), 137157.

Di Gregorio, D., e Shane, S. (2003), Por que algumas universidades geram mais *startups* do que outras?, *Política de Pesquisa,* 32, 209-227.

Djokovic, D. e Souitaris, V. (2008), Spinouts de instituições acadêmicas: uma revisão de literatura com sugestões para pesquisas adicionais, *The Journal of Technology Transfer,* 33 (3), 225-247.

Egeln, J.; Gottschalk, S., Rammer,C. e Spielkamp, A. (2003), *Public Research Spin-offs na Alemanha, Relatório Resumido,* Documentação ZEW 03-04, Centro de Pesquisa Econômica Européia, Mannheim.

Eriksson, T., e Kuhn, J. M. (2006), Firm *Spin-offs* in Denmark 1981-2000 – Patterns of Entry and Exit, *International Journal of Industrial Organization*, 24 (5), 1021-1040.

Frenken, K. e Boschma, R. A. (2007). A theoretical framework for evolutionary economic geography: industrial dynamics and urban growth as a branching process. *Journal of Economic Geography, 7*(5), 635-649. doi:10.1093/jeg/lbm018

Fryges, H.; Gottschalk, S.; Gude, H.; *et al.* (2010), *Aufbruch nach dem Sturm. Junge Unternehmen zwischen Investitionsschwäche und Innovationsstrategie*, Gründungspanelreport, Vol. 3, Creditreform, KfW, ZEW (eds.), Mannheim.

Fryges, H. e Wright, M. (2014). The origin of *spin-off*s: a typology of corporate and academic *spin-off*s. *Small Business Economics*, *43*(2), 245-259.

Gjelsvik, M. (2018). *Utålmodig langsiktighet. En bok om Lyses innovasjonskraft og regionale betydning [Impatient long-term view. A book about Lyse's innovation power and regional impact]*. Stavanger: Lyse AS.

Hydle, K. M. (2016). Supplying *Spin-off*s: Collaboration Practices in the Perpetuation of an Organization. *Journal of entrepreneurship, management and innovation, 12*(4), 51-68.

Hydle, K. M. e Meland, K. V. (2016). Spinning Them Off Entrepreneuring: Practices in Corporate *Spin-off*s. *Journal of entrepreneurship, management and innovation, 12*(1), 57-74.

Kearney, A. T. (2021). The Contribution of the Automobile Industry to Technology and Value Creation. Retrieved from https://www.es.kearney.com/automotive/article/?/a/the-contribution-of-the-automobile-industry-to-technology-and-value-creation.

Klepper, S. e Sleeper, S. (2005). Entry by *Spin-off*s. *Management Science, 51*(8), 1291-1306. doi:10.1287/mnsc.1050.0411.

Hjertvikrem, N. e Fitjar, R. D. (2021). One or all channels for knowledge exchange in *clusters*? Collaboration, monitoring and recruitment networks in the subsea industry in Rogaland, Norway. *Industry and Innovation, 28*(2), 182-200. doi:10.1080/13662716.2020.1772043.

Koch, A. (2005) Unternehmensgründungen, Innovationen und Regionalentwicklung: *spin-off* Gründungen aus Unternehmen. Erdkunde 59:22-33

Lee, G. K. e Lieberman, M. B. (2010). Acquisition vs. internal development as modes of market entry. *Strategic Management Journal, 31*(2), 140-158. doi:https://doi.org/10.1002/smj.804.

Lejpras, A. e Stephan, A. (2011), Locational Conditions, Cooperation, and Innovativeness: Evidence from Research and Company *Spin-off*s, *The Annals of Regional Science*, 46 (3), 543-575.

Levinthal, D. A. e Wu, B. (2010). Opportunity costs and non-scale free capabilities: profit maximization, corporate scope, and profit margins. *Strategic Management Journal, 31*(7), 780-801. doi:https://doi.org/10.1002/smj.845.

Lieberman, M. B.; Lee, G. K. e Folta, T. B. (2017). Entry, exit, and the potential for resource redeployment. *Strategic Management Journal, 38*(3), 526-544. doi:https://doi.org/10.1002/smj.2501.

Lyng, H. B. e Brun, E. C. (2018). Knowledge Transition: A Conceptual Model of Knowledge Transfer for Cross-Industry Innovation. *International Journal of Innovation and Technology Management, 15*(05), 1850043. doi:10.1142/s0219877018500438.

Lyng, H. B. e Brun, E. C. (2020). Innovating with Strangers; Managing Knowledge Barriers Across Distances in Cross-Industry Innovation. *International Journal of Innovation and Technology Management, 17*(01), 2050008. doi:10.1142/s021987702050008x.

Mascellaro, M.; Zanibelli, L.; Voltaggio, M. *et al*., (2021, September). New Technological Development Model in Energy Transition Model. In *OMC Med Energy Conference and Exhibition*. OnePetro.

Morales-Gualdrón, S. T.; Gutiérrez-Garcia, A. e Roig Dobón, S. (2009), The Entrepreneurial Motivation in Academia: A Multidimensional Construct, *International Entrepreneurship and Management Journal*, 5 (3), 301-317.

Muendler, M.-A.; Rauch, J. E. e Tocoian, O. (2012), Employee *Spin-offsSpin-offs* and Other Entrants: Stylized Facts from Brazil, *International Journal of Industrial Organization*, 30 (5), 447-458.

Narayan, V.; Yang, Y. e Zahra, S. (2009), Corporate venturing and value creation: A review and proposed framework, *Research Policy*, 38 (1), 58-76.

Parhankangas, A. eArenius, P. (2003), From a Corporate Venture to an Independent Company: A Base for a Taxonomy for Corporate *Spin-off* Firms, *Research Policy*, 32, 463-481.

Pavani, C. e Oliveira Jr., M. D. M. (2021). Spin offs universitárias de sucesso: um estudo multicasos de empresas originárias da Escola Politécnica da USP e da COPPE da UFRJ.

Perego, C. (2015). From biomass to advanced biofuel: the greendiesel case. *Online verfügbar unter http://www. sinchem. eu/wp-content/uploads/2015/01/15-Perego-ENI. pdf, zuletzt geprüft am*, *4*(22), 2017.

Phan, P.; Wright M.; Ucbasaran, D. e Tan, W. (2009), Corporate Entrepreneurship: current research and future direction, *Journal of Business Venturing*, 24 (3), 197-205.

Pisano, G. P. (2016). Towards a prescriptive theory of dynamic capabilities: Connecting strategic choice, learning and competition. *Harvard Business School Working Paper*(16-146).

Pöhlmann, K.; Helm, R.; Mauroner, O. e Auburger, J. (2021). Corporate *spin-offs*' success factors: management lessons from a comparative empirical analysis with research-based *spin-offs*. *Review of Managerial Science*, *15*(6), 1767-1796.

Robbie, K. e Wright, M. (1996), Management Buyins, Manchester: Manchester University Press.

Ryggvik, H. (2013). *Bulding a skilled national offshore industry*. Oslo: Norwegian Employers' Federation (NHO).

Ryggvik, H. (2015). A Short History of the Norwegian Oil Industry: From Portected National Champions to Internationally Competitive Multinationals. *Business History Review*.

Sapienza, H. J.; Parhankangas, A. e Autio, E. (2004), Knowledge Relatedness and Post-*Spin-off* Growth, *Journal of Business Venturing*, 19(6), 809-829.

Stuart, T. E. e Ding, W. W. (2006), When Do Scientists Become Entrepreneurs? The Social Structural Antecedents of Commercial Activity in the Academic Life Sciences, *American Journal of Sociology*, 112 (1), 97144.

Teece, D. J.; Pisano, G. e Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal, 18*(7), 509-533. doi:https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z.

Thune, T. e Mäkitie, T. (2019). Versatile competences and product market diversification among oil and gas supply firms. In T. Thune, O. A. Enge, & O. Wicken (Eds.), *Petroleum industry transformations: Lessons from Norway and Beyond*. London: Routledge.

Van de Velde, E., B. Clarysse, M. Wright and J. Bruneel (2007), *Exploring the Boundary between Entrepreneurship and Corporate Venturing: From Assisted Spin-Outs to Entrepreneurial Spin-offs*, Working Paper 2007/472, Ghent: Ghent University.

Wallin, M. W. (2012). The bibliometric structure of *spin-off* literature. *Innovation*, *14*(2), 162-177.

Weatherston, J. (1995), *Academic entrepreneurs: Is a spin-off company too risky*?, Proceedings of the 40th International Council for Small Business (ICSB), Small Business Advancement National Center, University of Central Arkansas, http://www.sbaer.uca.edu/research/icsb/1995/pdf/20.pdf.

Wright, M. (1986), The Make-Buy Decision and Managing Markets: The Case of Management Buy--outs, *Journal of Management Studies*, 23 (4), 443-464.

Wright, M.; Thompson, S. e Robbie, K. (1993), Finance and Control in Privatisation by Management Buyout, *Financial Accountability and Management*, 9 (2), 75-99.

Wright, M.; Hoskisson, R.; Busenitz, L. e Dial, J. (2000), Privatisation and Entrepreneurship: The upside of management buy-outs, *Academy of Management Review*, 25 (3), 591-601.

Wright, M. (2013) Academic entrepreneurship, technology transfer and society: Where next?, *Journal of Technology Transfer*, forthcoming.

Wu, B. (2013). Opportunity costs, industry dynamics, and corporate diversification: Evidence from the cardiovascular medical device industry, 1976-2004. *Strategic Management Journal, 34*(11), 1265-1287. doi:https://doi.org/10.1002/smj.2069.

9

Produção Cientifica dos Pesquisadores Apoiados pela Petrobras em Parques Tecnológicos

Patrick Alves
João Alberto De Negri

9.1 Parques Tecnológicos e o Conceito de Externalidades

Inovação tecnológica é chave para as firmas sustentarem sua sobrevivência e suas vantagens competitivas. Ao decidir sobre a localização das atividades de inovação das firmas, os empreendedores precisam considerar os fatores locacionais que afetam as vantagens competitivas das firmas (Porto *et al.*, 2013). A literatura sobre aglomerações produtivas, parques tecnológicos e *clusters* de inovação vem enfatizando a relevância das externalidades para o sucesso das empresas de base tecnológica. Nessa literatura, as firmas e as instituições são comparadas a containers com vazamentos de conhecimento, cujo conteúdo vazado constantemente transborda, por assim dizer, para o ambiente imediatamente ao redor, beneficiando os demais atores (Deng, 2017). Este conteúdo vazado são informações técnicas, habilidades, experiências, conhecimento tácito, mão de obra qualificada, novas ideias, informação sobre linhas de financiamentos, redes de clientes e fornecedores. Consequentemente, as empresas

em uma mesma aglomeração produtiva criam espontaneamente bens comuns que são compartilhados pelos vizinhos. O reconhecimento da existência dessas externalidades implica que os gestores e empreendedores, ao decidirem sobre a localização ótima da firma, devem considerar a existência de outras empresas e instituições estratégicas na mesma localidade (Lucio *et al.*, 2002).

O debate sobre as externalidades e os transbordamentos é fundamental para o entendimento do crescimento dos sistemas econômicos (Ejermo, 2005). A literatura aponta para dois tipos de externalidades, denominadas: (i) Externalidades de Marshall-Arrow-Romer (MAR) e, (ii) Externalidades Jacobianas (Gleaser *et al.*, 1992). As externalidades MAR são maximizadas por meio da alta especialização e monopólio local, enquanto nas externalidades de Jacobs (1970) a competição local é que desempenha um papel importante na adoção e difusão precoce de tecnologias. Sabemos ainda que as teorias das externalidades do conhecimento diferem em duas linhas principais, ou seja, em saber se os transbordamentos de conhecimento vêm de dentro da indústria ou de outras indústrias. Os dois conceitos diferem ainda em suas previsões sobre como a competição local afeta o impacto dos transbordamentos de conhecimento sobre o crescimento (Glaeser *et al.*, 1992)

Os parques tecnológicos são o objeto de estudo do presente Capítulo. Estes são algumas vezes mencionados na literatura como "núcleos tecnológicos" ou "*clusters* de tecnologia". Eles estão intimamente ligados às inovações tecnológicas de produto ou processo, criação de *startups*, incubadoras de empresas, *spin-offs* e à potencialização da interação e da cooperação entre as empresas, instituições, potenciais financiadores, centros de pesquisas e universidades (Sousa *et al.*, 2017).

Os enfoques encontrados na literatura de economia regional ressaltam aspectos de aglomeração produtiva e localização espacial no estabelecimento dos parques tecnológicos. Medeiros (1997), caracteriza uma aglomeração produtiva como sendo um agrupamento de empresas intensivas em tecnologia num raio entre cinco até dez quilômetros de distância de uma universidade ou um centro de pesquisa. Os parques tecnológicos seriam uma manifestação dessas aglomerações produtivas, capazes de promover ganhos de escala no desenvolvimento de inovações tecnológicas, contribuindo para o desenvolvimento da região onde estão localizados. Mesmo que as empresas intensivas em tecnologia empreguem relativamente pouca mão de obra, a infraestrutura de serviços, a rede de fornecedores, e a presença de pesquisadores em torno dos parques tecnológicos potencializa o surgimento de novos negócios e novas tecnologias (Medeiros, 1997).

Um parque tecnológico seria caracterizado então pela aglomeração espacial de atividades produtivas e concentração de firmas no mesmo espaço territorial, seja por similaridade de atividades ou mesmo quando há complementariedade entre as atividades. Inicialmente os parques tecnológicos eram fortemente fundamentados na interação entre as empresas e as universidades, tendo como foco os benefícios que as incubadoras de empresas promovem e os incentivos governamentais disponíveis. Entretanto, mais recentemente, surgiram iniciativas em que observamos a formação e o amadurecimento de aglomerações produtivas com ou sem a ingerência governamental. Havendo ainda situações em que o envolvimento do governo ocorre somente quando o parque tecnológico já se encontra em pleno funcionamento. Podemos citar como exemplo, o chamado "San Pedro Valley" na cidade de São Pedro (MG), cuja parceria com a prefeitura deu-se somente após a consolidação do consórcio de empresas. Existem ainda outros exemplos, em que a iniciativa privada independente foi bem-sucedida no estabelecimento de *clusters* de inovação, tais como: Inoovabra Habitat (Bradesco), Cubo (Itau), Estação Hack (Facebook), Google for Startup (Google), GYNTEC em Goiânia (GO), BioPark em Toledo (PR), e Ulbratech (Fundação Ulbra).

Mesmo havendo algumas iniciativas bem-sucedias do setor privado na criação e gestão de parques tecnológicos, entende-se que as universidades continuam sendo o principal impulsionador dos parques tecnológicos. Além do acesso ao conhecimento científico propiciado pelas universidades, que se torna um requisito de sobrevivência para muitas empresas, a universidade muitas vezes proporciona acesso à recursos públicos para financiar projetos de base tecnológica, seja por meio de bolsas de pesquisa, financiamentos de projetos ou empréstimos bancários. As *startups*, e mesmo algumas empresas maiores, fazem uso destes recursos, ressaltando a precedência do papel do agente governamental para os polos governamentais, mesmo dentro do atual paradigma. Neste aspecto, diversos autores ressaltam a importância das universidades, instituições de pesquisa e outros atores governamentais para a criação das empresas de base tecnológica dentro dos polos tecnológicos.

O advento do trabalho remoto não necessariamente invalida os fundamentos teóricos fundamentando a importância das externalidades em aglomerações produtivas regionais e *clusters* de inovação. Melluso *et al.* (2020) observa o surgimento de novos *clusters* de inovação no período pós-COVID-19, juntamente com a estabilização de *clusters* de inovação formados no período pré-pandemia e até a expansão de *clusters* preexistentes. Apesar das previsões de um "novo normal", com adoção definitiva do trabalho remoto, um levantamento de campo da Organização Nacional de Saúde do Reino Unido e outro levantamento do

Institute for Personnel & Development (CIPD) e mostra que muitas indústrias consideram o retorno completo ao trabalho presencial ou no máximo a adoção de modelos de trabalho híbrido (Phillips, 2020). Mesmo durante o período de maior *lockdown* as empresas também mantiveram em funcionamento sua infraestrutura física, a qual é necessária para abrigar seu maquinário, servidores de dados e computadores a serem acessados remotamente, tendo sido necessária a manutenção de alguns recursos humanos em trabalho presencial ou híbrido. Assim pode-se entender que a infraestrutura existente no entorno das empresas não foi completamente desmontada. Da mesma forma os parques tecnológicos ainda continuam utilizando e contribuindo para a infraestrutura local de serviços, e consequentemente, entendemos que os fundamentos econômicos dos efeitos de transbordamento continuam atuantes.

9.2 Externalidades-MAR

As externalidades de Marshall-Arrow-Romer (MAR) possuem fundamentos teóricos inicialmente nas obras de Marshall (1890), Arrow (1962), Romer (1986) e Porter (1990). Marshall enfatizou que as aglomerações se beneficiam de fatores endógenos às empresas, tais como, mão de obra e conhecimento. Arrow (1962) e Romer (1986) contribuíram para este conceito, enfatizando o papel do conhecimento na promoção do crescimento endógeno. Arrow (1962) ressaltou a importância dos processos de *learning-by-doing* para a acumulação de conhecimentos, e que o surgimento de novas tecnologias resultaria da acumulação de conhecimento. Romer (1986) aponta que as externalidades atuam induzindo retornos crescentes de escala sobre o conhecimento, e baseado nisso propõe um modelo de crescimento endógeno de longo prazo. Por sua vez, Porter (1990), favorece a especialização e competição local como fatores geradores de externalidades. Sahdev (2016) utiliza os conceitos de Porter para definir, além das externalidades MAR e jacobianas, um terceiro tipo de externalidade.

Neste Capítulo iremos considerar as externalidades MAR segundo o arcabouço de Porter (1990). Neste contexto, as seguintes forças estimulam as aglomerações nas de externalidade-MAR:

- Existência de mão de obra;
- Participação de fornecedores intermediários;
- Transmissão de conhecimento;
- Acesso a recursos naturais e transporte.

9.3 Externalidades-Jacob

Outro conceito são as externalidades de Jacob, ou externalidades Jacobianas ou externalidades-Jacob. Enquanto as externalidades-MAR são geradas por empresas do mesmo setor atuando em um *cluster*, as externalidades de Jacobs referem-se à externalidades geradas pela presença de heterogeneidade setorial no mesmo *cluster* (van der Panne, 2004.). Nas externalidades de Jacob, os transbordamentos de conhecimento entre empresas de setores diferentes são uma importante fonte de inovação, e a diversidade econômica desempenha um papel chave no desenvolvimento econômico regional (Jacob, 1969). A diversidade das atividades econômicas permite uma fertilização de ideias, provendo à força de trabalho local uma maior variedade de habilidades para trabalhar com as novas tecnologias.

Para Frenken *et al.* (2007), para que os transbordamentos de conhecimento aumentem o crescimento, além da diversificação regional, é necessário haver alguma forma de proximidade cognitiva entre as empresas. Os autores fazem distinção entre diversidade relacionada à indústria (intraindústrias) e não relacionada à indústria (entre indústrias). A diversidade relacionada à indústria é aquela encontrada dentro da indústria e a diversidade não relacionada é aquela diversidade encontrada entre indústrias. Para os autores as externalidades de Jacobs deveriam ser mensuradas como sendo diversidades relacionadas à indústria, o que não é visto na maioria dos estudos existentes. Para os países baixos, os autores constatam que a diversidade relacionada aumenta o crescimento do emprego, e ao mesmo tempo diminui o crescimento da produtividade. Outros estudos que seguem a mesma abordagem Bishop e Gripaios (2010) e Boschma *et al.* (2012).

Evidências empíricas das externalidades jacobianas são reportadas por Duranton e Puga (2001), em relação a realocação das empresas francesas de serviços. Os autores reportam uma quantidade significativa de empresas que escolheram mudar sua localização de áreas metropolitanas mais diversificadas e menos especializadas para áreas metropolitanas mais especializadas e menos diversificadas. Tais episódios são interpretados como se as empresas estivessem explorando diferentes externalidades de aglomeração em diferentes fases do ciclo de vida dos produtos. No estágio de inovação de produto, as empresas se beneficiam mais da localização em áreas metropolitanas diversificadas, pois a diversidade oferece oportunidades mais ricas para experimentar e menores custos de busca. Quando a produção se torna padronizada, as empresas têm maior incentivo para se mudar para áreas metropolitanas mais especializadas para reduzir a ineficiência e custos de produção.

Os estudos empíricos pioneiros sobre as externalidades de Jacobs apontam que tais externalidades parecem beneficiar certas atividades da empresa mais do que outras. Entretanto, os mecanismos pelos quais as externalidades de Jacobs funcionam não foram ainda completamente examinados. A literatura existente sobre as externalidades de Jacobs ainda precisa responder mais efetivamente como exatamente estas externalidades ocorrem. Existem algumas investigações que procuram isolar e comparar os efeitos das externalidades-MAR *versus* externalidades de Jacob, sem dissecar os processos subjacentes pelos quais tais as forças atuam (Desrochers, 2011). Sem uma ampla compreensão do funcionamento das externalidades de Jacobs, a elaboração, acompanhamento e análise de indicadores de externalidades pode se tornar um exercício frívolo.

9.4 Definição de Parque Tecnológico

O surgimento de um parque fundamenta-se primeiramente na interação entre instituições, tais como, universidades, centros de pesquisa, incubadoras de empresas, governo, entre outros. O segundo fundamento é dado pela contribuição do parque para a dinâmica econômica da região onde está localizado (Carvalho e Chaves, 2007). Um parque tecnológico é um ambiente onde estão instaladas diversas empresas de origens diferentes, mas que têm a tecnologia como ponto focal de seus negócios.

Segundo a Associação Nacional das Entidades Promotoras de Empreendimentos de Tecnologias Avançadas (Anprotec), um parque tecnológico é uma aglomeração formada predominante por pequenas e médias empresas, as quais pertencentes a segmentos econômicos correlatos e complementares, que estão agrupadas em torno de uma vocação natural comum, numa mesma localidade e possuindo vínculos com instituições de ensino e pesquisa e agentes locais (Anprotec/Sebrae, 2002). Medeiros (1997) define um parque tecnológico como sendo uma aglomeração de empresas intensivas em tecnologia, localizadas dentro de um raio de distância dez quilômetros de uma universidade ou centro de pesquisas. Os parques tecnológicos possuem capacidade de promover inovações tecnológicas de produto ou processo, trazendo desenvolvimento econômico para a região onde estão instalados.

A integração universidade-empresa, a gestão voltada à inovação tecnológica e a existência de incubadoras de empresas são os fatores que diferem um parque tecnológico de um distrito industrial. As incubadoras permitem a consolidação de micro e pequenas empresas, sendo um importante meca-

nismo no surgimento de empresas de base tecnológica (Anprotec/Sebrae, 2002, p. 59). A incubadora geralmente oferece espaço físico e infraestrutura temporários para novos empreendimentos, acompanhado de uma assessoria e acompanhamento em gestão empresarial, acesso a fornecedores, facilidades para acesso a linhas de financiamento e serviços como: salas de reunião e suporte em tecnologia de informação. Durante o período de incubação, as empresas se beneficiam de serviços disponibilizados pela incubadora, como cursos de capacitação gerencial, assessorias, orientação durante a elaboração de projetos, consultoria, serviços administrativos, entre outros. Assim as incubadoras existentes em parques tecnológicos cumprem seu papel de ajudar na superação dos obstáculos, sobrevivência e consolidação de pequenas empresas de base tecnológica (David, 2001).

Exemplos de parques tecnológicos bem-sucedidos, cuja literatura aponta para a presença de forte articulação universidade-empresa-governo, são os ecossistemas de inovação como a Rota 128 em Boston (Massachussets Institute of Technology – MIT) e o Vale do Silício na Califórnia (Universidade de Stanford). Nesses parques as universidades desempenham papel de destaque no desenvolvimento regional, por causa da produção de conhecimento e de apoio aos alunos para criarem negócios bem-sucedidos (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000).

Entre os principais objetivos de um parque tecnológico elencados na literatura, podemos destacar:

1. **Integração entre as empresas da região**: a concentração geográfica ajuda a consolidar as empresas, permitindo desenvolverem estratégias e fecharem contratos em comum, criando projetos conjuntos e parcerias estratégicas. Ao contrário, quando as empresas estão distantes, fica mais difícil identificar novas oportunidades, criar sinergias e trocar informações e pensar em conjunto. A integração entre as empresas, mesmo de segmentos econômicos diferentes, ajuda a criar um ambiente de inovação muito mais rico.
2. **Reconhecimento de mercado**: um *cluster* de inovação bem-sucedido atrairá interesse do mercado, investidores, consumidores, pesquisadores e da mão de obra especializada. A empresa localizada em um parque tecnológico será reconhecida quanto a sua afinidade com a inovação tecnológica. Desta forma o parque tecnológico será capaz de criar uma rede de indicações de clientes e fornecedores harmonizados com os princípios das empresas do *cluster* tecnológico.

2. **Ambiente propício à inovação tecnológica**: geralmente a infraestrutura existente em um parque tecnológico é ideal para promover eventos, palestras, feiras e outras atividades. Em conjunção com os demais objetivos já elencados, temos um ambiente favorável à colaboração e geração de novas ideias, induzindo ainda mais as oportunidades de inovação.

Quais os principais agentes responsáveis pela criação de um parque tecnológico? As iniciativas de criação de um parque tecnológico elencados na literatura, geralmente originam dos seguintes atores:

4. **Iniciativas das próprias empresas**: o parque tecnológico pode ser elaborado a partir de uma demanda das próprias empresas e da sua necessidade de ter um ambiente para integração e inovação. Nesse caso, é preciso que elas estejam minimamente organizadas, com objetivos em comum, e entendam a importância do local.
5. **Iniciativas de governos**: para os governos, a vantagem de ter um parque tecnológico é tanto social quanto financeira. As universidades muitas vezes sendo os representantes do governo, sua presença nos parques tecnológicos encoraja a transferência de resultados para fora da universidade, contrabalanceando a tendência das empresas, que procuram manter a tecnologia protegida dentro da empresa (Pérez e Sánchez, 2003). Assim, possui um *cluster* de invocação em uma localidade se torna um diferencial, o que destaca e valoriza a presença da administração pública na promoção do desenvolvimento (Testa e Luciano, 2012). Para as administrações locais, tais como prefeituras, quanto mais empresas bem-sucedidas estabelecidas, melhor a arrecadação de impostos, geração de empregos e para a reputação da cidade. Uma vez que o surgimento de parques tecnológicos depende primordialmente do aproveitamento de vantagens competitivas locais, e da necessidade de desenvolvimento de determinada região, o poder público pode abranger o fomento a novos parques como forma de atuação estratégica, coordenando os esforços de diferentes setores em prol do desenvolvimento da comunidade.
6. **Iniciativas de Investidores Privados**: os empreendedores locais são os grandes responsáveis pelo projeto pelos riscos que serão assumidos em um projeto de parque tecnológico (Dematos, 1990). Grandes empresas do segmento da Construção Civil entendem o parque tecnológico como um investimento imobiliário diferenciado, gerando valor para seus projetos e sendo um valioso instrumento de desenvolvimento econômico da região.

9.5 Evidências Empíricas dos Impactos dos Parques Tecnológicos

Testa e Luciano (2010) mostram como a interação com o parque tecnológico da PUCRS, por intermédio da Incubadora Raiar, foi fundamental para o estabelecimento de um *spin-off* desde sua concepção. Os autores argumentam que a empresa ZeroDeffect é um *spin-off* proveniente da parceria entre a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e a Hewlett-Packard Brasil (HP). A ZeroDeffect é uma empresa reconhecidamente inovadora, que foi incubada no parque TECNOPUC.

O modelo de incubação de empresas surgiu originalmente em 1959, em Nova Iorque (EUA), quando as instalações de uma fábrica falida foram sublocadas para pequenas empresas iniciantes, que compartilhavam equipamentos e serviços. Além da utilização comunitária da infraestrutura física, as empresas compartilhavam também os um conjunto de serviços, tais como, secretaria, contabilidade, marketing, entre outros. Uma das primeiras empresas instaladas na área foi um aviário, o que conferiu ao prédio a designação de "incubadora" (Testa e Luciano, 2010).

O Vale do Silício na Califórnia é considerado um importante modelo para outras experiências mundiais (Carvalho e Chaves, 2007), tendo sido formado por iniciativa da Universidade de Stanford, com empresas do segmento de microeletrônica na região da Califórnia. Para estabelecer essa interação, foi criado o Stanford Industrial Park. Para se ter uma ideia do potencial que os parques tecnológicos têm para o desenvolvimento econômico da região em que estão instalados, as mais de 2.000 empresas de tecnologia presentes no Vale do Silício, contratam, em média, mais de 30 funcionários por dia. Outros benefícios dos parques tecnológicos são o aumento da competitividade regional e a atração e retenção de profissionais qualificados (Jung, 2012).

Turchi e Porto (2012) realizaram uma avaliação dos coordenadores dos Grupos de Pesquisa que desenvolvem projetos com a Petrobras. Segundo as autoras a Petrobras tem atuado em diversas iniciativas de estabelecimento de *clusters* tecnológicos com a participação de universidades. A Petrobras vem alocando recursos para estabelecer parcerias com universidades e centros de pesquisas, com os objetivos de gerar competências e promover desenvolvimento tecnológico para cadeia de petróleo e gás natural. O sucesso dessas parcerias deve-se, entre outras coisas, a criação de um ambiente de confiança baseado em objetivos e linguagem comuns, permitindo o compartilhamento de conhecimentos. Veja a seguir algumas dessas iniciativas:

1. **Rio Grande do Sul**: no Rio Grande do Sul, o Programa de Apoio aos Polos de Inovação Tecnológica, enfatiza a inovação tecnológica como diferencial para melhoria da competitividade dos setores produtivos regionais (Jung *et al.*, 2007). Este programa alcança toda uma macrorregião no RS, com parceiros instalados em um ou mais municípios. O programa visa apoiar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras nos diversos setores produtivos do Estado, visando torná-los competitivos e promovendo a diversificação da produção. Especificamente o chamado Polo de Inovação da Região Norte do RS evoluiu pela sua capacidade de integração de novos parceiros, como a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Petrobras. Essas parcerias possibilitaram a ampliação de financiamento e maior capacidade de difusão das novas tecnologias geradas.
2. **Santa Catarina**: a Petrobras firmou convênio há mais de duas décadas com a Universidade Federal de Santa Catarina, consolidado por meio de 27 laboratórios, especialmente na área de Engenharia. Conforme Azevedo e Cário (2018) esse arranjo institucional possui importantes desdobramentos para o sistema local de inovação, formação de mão de obra para a Petrobras e pesquisa e desenvolvimento.
3. **Sergipe**: o Parque Tecnológico da Universidade de Sergipe (SergipeTec) contempla as áreas de Biotecnologia, Tecnologia da Informação e Energia. O Núcleo de Graduação em Engenharia do Petróleo (NUPETRO) possui uma relação bem próxima com o Núcleo de Pesquisa em Engenharia do Petróleo (NUPEG). A Universidade Federal de Sergipe e a Petrobras entre 2006 e 2013 firmaram 11 convênios específicos, sendo a maior parte de projetos de interação tecnológica, e muitos deles intermediados pela Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão de Sergipe (FAPESE) ou pela Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura (FUNPEC) (Silva *et al.*, 2017). Em relação à interação entre UFS e o Parque Tecnológico SergipeTec, observa-se o estabelecimento de uma infraestrutura física e laboratorial, tendo a universidade como um centro de desenvolvimento científico-tecnológico. A formação continuada de recursos humanos, o desenvolvimento ou aprimoramento de produtos e processos, a captação de recursos financeiros são alguns dos resultados mencionados em Silva *et al.* (2017). O aumento da produtividade acadêmica é mencionado como sendo um dos os resultados da cooperação. O curso de Engenharia de Petróleo da UFS possui interação expressiva e clara com a Petrobras, a qual espera que os recursos humanos qualificados sejam aproveitados na Indústria de Petróleo.

4. **Bahia**: a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Petrobras possuem um convênio envolvendo o estabelecimento do Centro de Tecnologia em Energia e Campos Maduros do Parque Tecnológico de Salvador. O Parque Tecnológico é concebido priorizando as áreas de biotecnologia, energia e ambiente, tecnologia da informação e da comunicação, sendo formatado em três eixos centrais: (i) inovação como instrumento de atração de empresas, (ii) interação entre universidades e empresas, e (iii) estratégia de fortalecimento da produção científica.

9.6 Metodologia de Identificação dos Parques Tecnológicos

A identificação dos pesquisadores com vínculos em parques tecnológicos foi realizada por meio dos dados do currículo Lattes do CNPq. Não existem domínios ou tabelas específicos para identificação dos parques tecnológicos. Entretanto é possível captar o vínculo dos pesquisadores com parques tecnológicos, por exemplo, através da instituição de atuação, nome do órgão, nome da unidade, entre outros.

A seguir, apresentamos as tabelas e os respectivos campos utilizados para identificação dos pesquisadores em parques tecnológicos. Por se tratar de campos abertos não padronizados, foi realizada a busca utilizando algumas variações dos termos Parques Tecnológicos e Parques de Inovação nos campos descritos abaixo. Por exemplo, o termo "Parques Tecnológicos" vir sem acentuação, ou ainda nas variações "Parque Tecnológico", "Parque de Tecnologia", "Parque de Ciência e Tecnologia" ou "Parque de Científico Tecnológico".

Tabela 9.1 Campos utilizados para identificar pesquisadores em Parques Tecnológicos

Tabelas	Campos
[FINANCIADOR-DO-PROJETO]	[NOME-INSTITUICAO]
[ATUACAO-PROFISSIONAL]	[NOME-INSTITUICAO]
[CONSELHO-COMISSAO-E-CONSULTORIA]	[NOME-ORGAO]
[ENDERECO-PROFISSIONAL]	[NOME-ORGAO] [NOME-INSTITUICAO-EMPRESA]
[PESQUISA-E-DESENVOLVIMENTO]	[NOME-ORGAO] [NOME-UNIDADE]
[DETALHAMENTO-DA-PATENTE]	[INSTITUICAO-FINANCIADORA]
[DETALHAMENTO-DO-*SOFTWARE*]	[INSTITUICAO-FINANCIADORA]
[RESUMO-CV]	[TEXTO-RESUMO-CV-RH]
[DIRECAO-E-ADMINISTRACAO]	[NOME-ORGAO] [NOME-UNIDADE]
[ENDERECO-PROFISSIONAL]	[NOME-ORGAO] [NOME-UNIDADE] [NOME-INSTITUICAO-EMPRESA]
[EXTENSAO-UNIVERSITARIA]	[NOME-ORGAO] [NOME-UNIDADE]

Fonte: Elaboração dos autores.

Utilizando a metodologia descrita neta seção foi possível identificar 1.320 pesquisadores que declaram vínculos, colaborações ou projetos ligados a polos de tecnologia. Esses pesquisadores geralmente possuem maior experiência em termos de locais trabalhados, apesar de possuir o mesmo tempo de vida acadêmica (idade acadêmica) que os demais pesquisadores. Observamos ainda que os pesquisadores com algum tipo de vínculo com parques tecnológicos também possuem maior quantidade de coautores. Esse retrato inicial, que os pesquisadores com vínculos em parques tecnológicos possuem maior dinamismo em termos de experiências de trabalhos, se comparados aos demais pesquisadores.

Tabela 9.2 Número de pesquisadores em Parques Tecnológicos no Brasil

TIPO	Demais Pesquisadores	Pesquisadores em Polos Tecnológicos
Total de Pesquisadores	816.140	1.320
Nº de Locais Trabalhados	3	5
Idade Acadêmica	25	25
Total de Coautores	21	37

Fonte: Elaboração dos autores.

Nas Tabelas 9.4 até 9.12 apresentadas na próxima seção, a métrica Taxa Petro (coluna c) é a razão entre a média de publicações dos pesquisadores com vínculos simultâneos em projetos da Petrobras e com parques tecnológicos (coluna b), dividido pela publicação média dos pesquisadores apoiados pela Petrobras (coluna a). A métrica Taxa Geral (coluna f) é a razão entre a média de publicações dos pesquisadores em parques tecnológicos (coluna e) e os demais pesquisadores (coluna d). A métrica LIFT é a razão entre a Taxa Petro dividida pela Taxa Geral. Assim, uma métrica LIFT maior que 1 significar que os pesquisadores com vínculos simultâneos em projetos da Petrobras e com parques tecnológicos possuem maior produção relativa que os pesquisadores não apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos.

9.6 Pesquisadores Vinculados a Polos Tecnológicos

Na Tabela 9.3 a nomenclatura PETRO_PETRO significa os pesquisadores com vínculo encontrados nos registros de projetos disponibilizados pelo Cenpes/Petrobras. Então este é um vínculo inquestionável dos pesquisadores com a Petrobras. As nomenclaturas PETRO_PETRO, CENPES_LATTES e ANP_LATTES identificam autodeclarações de projetos de pesquisa executados com apoio ou encomenda da Petrobras, Centro de Pesquisa da Petrobras (Cenpes) ou

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Dada a importância da reputação na carreira acadêmica dos pesquisadores (Petersen *et al.*, 2013), entendemos que este tipo de declaração captura adequadamente o envolvimento de com estas organizações. Por sua vez, as nomenclaturas PETRO_LAB e ANP_ANP referem-se a pesquisadores encontrados em, respectivamente, laboratórios que são apoiados pela Petrobras ou pesquisadores encontrados no cadastro da ANP.

Conforme observamos, existe uma interseção relativamente pequena de pesquisadores relacionados com projetos de pesquisa conduzidos pela Petrobras e ao mesmo tempo com vínculo em parques tecnológicos. Apenas 57 pesquisadores apoiados pela Petrobras ou ANP podem ser encontrados também vinculados aos parques tecnológicos. Apesar de a Tabela 9.3 totalizar 67 pesquisadores, devida a dupla associação de alguns a mais de uma nomenclatura de tratamento, na verdade são 57 pesquisadores, conforme mostra a Tabela 9.2.

Tabela 9.3 Número de pesquisadores financiados pela Petrobras e presentes em Parques Tecnológicos no Brasil

Tratamento	Total	Mestres	Doutores	Mestres em Parques	Doutores em Parques
PETRO_PETRO	2.826	460	2.090	2	11
PETRO_LATTES	5.723	836	4.474	9	36
CENPES_LATTES	1.317	163	1.066	3	12
PETRO_LAB	123	7	115	0	0
ANP_ANP	667	72	552	1	4
ANP_LATTES	568	74	463	1	4
BRASIL	777.220	302.483	305.635	16	67

Fonte: Elaboração dos autores.

Além da baixa interseção de pesquisadores em parques tecnológicos e ao mesmo tempo com vínculos em projetos financiados pela Petrobras, Cenpes/Petrobras ou Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), observamos ainda uma maior prevalência desses pesquisadores com doutorado.

Os pesquisadores vinculados possuem maior produtividade acadêmica que os demais pesquisadores. A Tabela 9.4 mostra uma produção média de 5,5 artigos A1 e A2 para pesquisadores em parques tecnológicos (coluna e), e uma produção média de 3,21 artigos A1 e A2 para pesquisadores fora de parques tecnológicos (coluna d). Em parques tecnológicos observamos uma produção média de 4,18 artigos B1 e B2 por pesquisador, enquanto os demais

pesquisadores possuem uma produção média de 2,16 artigos B1 e B2. Ainda, em parques tecnológicos observamos uma produção média de 2,38 artigos B3 e B4 por pesquisador, enquanto os demais pesquisadores possuem uma produção média de 1,09 artigos B3 e B4. Ciências Exatas é a principal área de produção acadêmica de pesquisadores em parques tecnológicos, seguida de Ciências Sociais Aplicadas e Ciências Agrárias.

Comparando as colunas (a) e (e) da Tabela 9.4, vemos que os pesquisadores vinculados aos projetos da Petrobras possuem maior produtividade acadêmica que os pesquisadores vinculados aos parques tecnológicos. Entretanto, os pesquisadores vinculados simultaneamente aos projetos da Petrobras e aos parques tecnológicos (coluna b) não possuem maior produtividade que os pesquisadores vinculados aos parques tecnológicos (coluna e). Além da baixa interseção dos vínculos simultâneos entre parques tecnológicos e projetos da Petrobras, observamos também um relativo descolamento entre as principais áreas de publicação.

Tabela 9.4 Indicadores de produtividades dos pesquisadores

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
Taxa de produção de Artigos	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
A1 e A2	12,06	8,98	0,74	3,21	5,50	1,71	0,43
B1 e B2	5,42	5,51	1,02	2,16	4,18	1,94	0,52
B3 e B4	2,46	4,02	1,63	1,09	2,38	2,19	0,75
B5 e C	0,31	0,32	1,02	0,16	0,21	1,31	0,78
Agrárias	6,67	3,09	0,46	1,70	3,57	2,10	0,22
Biologia	1,44	0,63	0,44	0,50	0,72	1,44	0,30
Ciências da Saúde	2,42	1,09	0,45	2,00	1,74	0,87	0,52
Ciências Exatas	9,98	8,47	0,85	1,93	4,57	2,37	0,36
Ciências Humanas	5,03	4,70	0,93	2,16	3,39	1,57	0,60
Sociais Aplicadas	4,57	4,21	0,92	1,59	4,16	2,62	0,35
Engenharias	8,54	9,16	1,07	1,05	3,06	2,91	0,37
Letras	0,24	0,32	1,34	0,27	0,25	0,90	1,49
Outras Áreas	6,85	5,14	0,75	2,38	4,53	1,90	0,39

Fonte: Elaboração dos autores.

Comparando as colunas (b) e (e), vemos que os pesquisadores vinculados simultaneamente aos projetos da Petrobras e aos parques tecnológicos publicam principalmente na Engenharia, enquanto os pesquisadores dos parques tecno-

lógicos publicam principalmente na área de Ciências Exatas. Avaliando as publicações na área de Engenharias observamos que os pesquisadores com vínculo simultâneo com parques tecnológicos e com projetos da Petrobras (coluna b) com aqueles com maior publicação acadêmica, segundo dos pesquisadores apoiados pela Petrobras (coluna c), seguido pelos pesquisadores em parques tecnológicos (coluna e), e finalmente os demais pesquisadores (coluna d).

Considerando as publicações em Ciências Agrárias, conforme as colunas (a) e (e), os pesquisadores vinculados aos projetos da Petrobras possuem maior produtividade acadêmica que os pesquisadores vinculados aos parques tecnológicos. Analisando a taxa Petro (coluna c), vemos que as produções de artigos B3 e B4 na área de agricultura de pesquisadores em parques tecnológicos são quase três vezes maios que a produção de pesquisadores da Petrobras fora de parques tecnológicos. Entretanto, a taxa Petro (coluna c) de artigos A1 e A2 é menor que 1, significando que pesquisadores fora de parques tecnológicos possuem maior produtividade de artigos nos estratos A1 e A2 na área de agricultura. A taxa LIFT é maior que 1 somente na área de conhecimento de Letras, uma área irrelevante para os interessas da Petrobras e dos parques tecnológicos.

Os indicadores de produção acadêmica por área de conhecimento apresentados na Tabela 9.1 podem estar influenciados pela mistura de diferentes estratos de artigos (A1, A2, B1, B2, B3, B4 e C). Por sua vez os resultados dos indicadores de produção acadêmica por estratos de artigos entre diferentes áreas de conhecimento. Desta forma vamos analisar separadamente a produção acadêmica por áreas de conhecimento e estrado de artigo.

Tabela 9.5 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Ciências Agrárias)

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
TIPO	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
% Agrárias A1 e A2	0,67	0,53	0,79	0,60	0,55	0,91	0,87
% Agrárias B1 e B2	0,24	0,26	1,07	0,26	0,29	1,09	0,98
% Agrárias B3 e B4	0,05	0,16	2,97	0,08	0,10	1,26	2,37
% Agrárias B5 e C	0,04	0,06	1,41	0,05	0,06	1,24	1,14

Fonte: Elaboração dos autores.

Considerando as publicações na área de Biologia, vemos que os pesquisadores fora de parques tecnológicos e não vinculados aos parques tecnológicos (coluna d) possuem as maiores produtividades de artigos A1 e A2. Nos demais estratos as produtividades são baixas para pesquisadores em parques

tecnológicos e fora de parques tecnológicos. Nos estratos A1 e A2, B1 e B2 o indicador LIFT é inferior a 1. Assim, vemos que a produção acadêmica dos pesquisadores com vínculos simultâneos em projetos da Petrobras e parques tecnológicos é inferior que a produção relativa dos pesquisadores não apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos.

Tabela 9.6 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Biologia)

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
TIPO	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
% Biologia A1 e A2	0,20	0,19	0,97	0,25	0,18	0,72	1,35
% Biologia B1 e B2	0,01	0,01	1,00	0,02	0,01	0,47	2,15
% Biologia B3 e B4	0,00	0,01	4,44	0,00	0,00	0,54	8,16
% Biologia B5 e C	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,45	0,00

Fonte: Elaboração dos autores.

Considerando as publicações na área de Ciências da Saúde, vemos que os pesquisadores fora de parques tecnológicos e vínculos simultâneos em projetos da Petrobras possuem produtividade ligeiramente menor que os demais pesquisadores de projetos da Petrobras (coluna c). Em relação aos pesquisadores não financiados pela Petrobras (coluna f), vemos que os pesquisadores fora de parques tecnológicos possuem produção maior que os pesquisadores em parques tecnológicos. Em todas os estrados de artigo a métrica LIFT é maior que 1. Isto significa que a produção acadêmica dos pesquisadores com vínculos simultâneos em projetos da Petrobras e parques tecnológicos é superior que a produção relativa dos pesquisadores não apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos.

Tabela 9.7 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Ciências da Saúde)

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
TIPO	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
% Ciências da Saúde A1 e A2	0,26	0,24	0,93	0,63	0,32	0,50	1,86
% Ciências da Saúde B1 e B2	0,06	0,03	0,61	0,31	0,09	0,28	2,21
% Ciências da Saúde B3 e B4	0,03	0,04	1,32	0,19	0,07	0,37	3,55
% Ciências da Saúde B5 e C	0,01	0,03	2,31	0,05	0,02	0,32	7,16

Fonte: Elaboração dos autores.

Em relação às publicações na área de Ciências Exatas, os pesquisadores financiados pela Petrobras com vínculos em parques tecnológicos (coluna b) possuem maior produtividade que os pesquisadores financiados pela Petrobras fora de parques tecnológicos (coluna a). Esta é uma área de conhecimento relevante para os projetos apoiados pela Petrobras, sendo também onde observamos maior produtividade dos pesquisadores apoiados pela Petrobras, dentro e fora de parques tecnológicos.

Tabela 9.8 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Ciências Exatas)

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
TIPO	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
% Ciências Exatas A1 e A2	0,90	1,30	1,44	0,61	0,58	0,95	1,51
% Ciências Exatas B1 e B2	0,46	0,96	2,07	0,42	0,50	1,21	1,71
% Ciências Exatas B3 e B4	0,10	0,41	4,27	0,07	0,13	1,97	2,16
% Ciências Exatas B5 e C	0,04	0,08	2,10	0,04	0,06	1,42	1,48

Fonte: Elaboração dos autores.

Os pesquisadores financiados pela Petrobras fora de parques tecnológicos possuem maior produtividade que os pesquisadores em parques tecnológicos (coluna e). Avaliando o indicador LIFT, vemos que a taxa de publicação de pesquisadores da Petrobras em parques tecnológicos é entre 1,5 e 2 vezes maior que a taxa de pesquisadores não financiados pela Petrobras.

Em relação às publicações na área de Ciências Humanas, os pesquisadores financiados pela Petrobras com vínculos em parques tecnológicos (coluna b) possuem maior produtividade que os pesquisadores financiados pela Petrobras fora de parques tecnológicos (coluna a). Esta não é uma área de conhecimento relevante para os projetos apoiados pela Petrobras, e observamos ainda que os pesquisadores fora de parques tecnológicos e sem vínculo com parques tecnológicos (coluna d) são os que possuem a maior produtividade de artigos A1 e A2. O indicador LIFT mostra que a produção relativa dos pesquisadores com vínculos simultâneos em projetos da Petrobras e parques tecnológicos é superior que a produção relativa dos pesquisadores não apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos.

Considerando as publicações na área de Ciências Sociais Aplicadas, vemos que os pesquisadores apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos (coluna b) possuem as maiores produtividades de artigos A1 e A2.

Tabela 9.9 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Ciências Humanas)

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
TIPO	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
% Ciências Humanas A1 e A2	0,39	0,47	1,19	0,52	0,34	0,64	1,86
% Ciências Humanas B1 e B2	0,25	0,62	2,48	0,48	0,42	0,88	2,81
% Ciências Humanas B3 e B4	0,09	0,35	3,98	0,19	0,15	0,80	5,00
% Ciências Humanas B5 e C	0,03	0,09	3,55	0,07	0,04	0,51	6,95

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 9.10 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Sociais Aplicadas)

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
TIPO	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
% Sociais Aplicadas A1 e A2	0,41	0,72	1,75	0,41	0,49	1,20	1,45
% Sociais Aplicadas B1 e B2	0,17	0,36	2,17	0,31	0,40	1,30	1,67
% Sociais Aplicadas B3 e B4	0,09	0,27	3,05	0,16	0,23	1,42	2,15
% Sociais Aplicadas B5 e C	0,02	0,01	0,66	0,06	0,05	0,84	0,79

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 9.11 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Engenharias)

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
TIPO	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
% Engenharias A1 e A2	0,96	2,01	2,09	0,43	0,54	1,27	1,64
% Engenharias B1 e B2	0,19	0,62	3,23	0,12	0,16	1,37	2,37
% Engenharias B3 e B4	0,09	0,22	2,51	0,04	0,09	2,02	1,25
% Engenharias B5 e C	0,04	0,13	2,95	0,03	0,07	2,08	1,42

Fonte: Elaboração dos autores.

Em relação às publicações nas áreas de Engenharias, os pesquisadores financiados pela Petrobras com vínculos em parques tecnológicos (coluna b) possuem maior produtividade que os pesquisadores financiados pela Petrobras e fora de parques tecnológicos (coluna a). Dada a relevância

destas áreas do conhecimento para os projetos apoiados pela Petrobras, vemos como a presença pesquisadores apoiados pela Petrobras destaca a maior produtividade acadêmica dentro e fora de parques tecnológicos. Os pesquisadores financiados pela Petrobras fora de parques tecnológicos (coluna a) ainda possuem maior produtividade que os pesquisadores em parques tecnológicos (coluna e). Avaliando o indicador LIFT para os artigos A1 e A2, vemos que a taxa de publicação de pesquisadores da Petrobras em parques tecnológicos é entre 1,6 vez maior que a taxa de pesquisadores não financiados pela Petrobras. Avaliando o indicador LIFT para os artigos B1 e B2, vemos que a taxa de publicação de pesquisadores da Petrobras em parques tecnológicos é entre 2,3 vezes maiores que a taxa de pesquisadores não financiados pela Petrobras.

Tabela 9.12 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Letras)

	Financiados Petrobras			Não-Financiados Petrobras			
TIPO	Fora de Parque (a)	Parque (b)	Taxa Petro (c)	Fora de Parque (d)	Parque (e)	Taxa Geral (f)	LIFT
% Letras A1 e A2	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,24	0,00
% Letras B1 e B2	0,02	0,07	3,79	0,09	0,05	0,51	7,50
% Letras B3 e B4	0,00	0,02	5,00	0,02	0,01	0,52	9,64
% Letras B5 e C	0,00	0,02	4,62	0,02	0,00	0,27	17,32

Fonte: Elaboração dos autores.

Esta não é uma área de conhecimento relevante para os projetos apoiados pela Petrobras, e não é uma área de conhecimento de interesse de parques tecnológicos. Conforme o esperado, vemos que não existem publicações acadêmicas de pesquisadores apoiados pela Petrobras. Mesmo entre os pesquisadores não apoiados pela Petrobras dentro e fora de parques tecnológicos vemos que as publicações nesta área de conhecimento são irrelevantes.

O engajamento acadêmico tem se mostrado um bem tangível valorizado pelas empresas de base tecnológica. Em algumas situações, mais valioso até mesmo que o registro de patentes universitárias (Cohen *et al.*, 2002). Isto porque a transferência de tecnologia e conhecimento entre empresa e universidade não é um processo trivial, dado que universidade e mercado seguem lógicas econômicas diferentes quando se trata da apropriabilidade da tecnologia. Enquanto as empresas procuram preservar seus conhecimentos tácitos, a Universidade deseja divulgar e promover. Assim, a gestão conjunta de

conhecimento envolvendo atores como universidades e empresas se tornam mais desafiadora (Bercovitz e Feldmann, 2006). Por meio dos indicadores apresentados a seguir procuramos evidenciar impactos e benefícios além das publicações acadêmicas. Por exemplo, participação em eventos, simpósios, feiras e seminários seriam benefícios mais informais, que poderiam dar visibilidade as empresas em parques tecnológicos por intermédios dos pesquisadores vinculados aos parques. O registro de marcas, *software* e patentes são claramente indicadores mais formais de benefícios de inovação tecnológica de produto processo ou *marketing*.

Observamos que os pesquisadores apoiados pela Petrobras, dentro e fora de parques tecnológicos, possuem registro de patentes no Brasil superior aos pesquisadores não apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos. Antes de 2016, os pesquisadores apoiados pela Petrobras, e com vínculo simultâneo com parques tecnológicos, registraram em média 0,78 patentes no Brasil, enquanto os pesquisadores parques tecnológicos e sem vínculo com a Petrobras registraram em média 0,29 patentes.

Os pesquisadores não apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos apresentam maior participação em congressos no Brasil que os pesquisadores apoiados pela Petrobras. Antes de 2016, os pesquisadores não apoiados pela Petrobras vinculados aos parques tecnológicos registraram em média 6,17 participações em congressos, enquanto os pesquisadores parques tecnológicos e com vínculo com a Petrobras registraram em média 2,62 participações em congressos no Brasil.

Os pesquisadores não apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos apresentam maior participação em eventos no Brasil que os pesquisadores apoiados pela Petrobras. Antes de 2016 os pesquisadores não apoiados pela Petrobras vinculados aos parques tecnológicos registraram em média 4,60 participações em eventos no Brasil, enquanto os pesquisadores parques tecnológicos e com vínculo com a Petrobras registraram em média 2,17 participação em eventos no Brasil.

Os pesquisadores apoiados pela Petrobras, dentro e fora de parques tecnológicos, também possuem registro de *software* superior aos pesquisadores não apoiados pela Petrobras em parques tecnológicos. Antes de 2016 os pesquisadores apoiados pela Petrobras e com vínculo simultâneo com parques tecnológicos registraram em média 1,45 *software*, enquanto os pesquisadores parques tecnológicos e sem vínculo com a Petrobras registraram em média 0,94 *software*.

Tabela 9.13 Indicadores de produtividades por área de conhecimento (% Diversos)

	Financiados Petrobras				Não-Financiados Petrobras			
	Fora de Parque		Parque		Fora de Parque		Parque	
Quantidade média	ANTES 2016	POS 2017	ANTES 2016	POS 2017	ANTES 2016	POS 2017	ANTES 2016	POS 2017
Registro de Patentes no Brasil	0,32	0,15	0,78	0,31	0,06	0,03	0,29	0,21
Registro de Patentes no Exterior	0,04	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Registro de *Software* no Brasil	0,39	0,10	1,45	0,44	0,14	0,02	0,94	0,19
Registro de *Software* no Exterior	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Organização de Eventos no Brasil	1,94	0,53	2,17	0,53	2,82	0,85	4,60	1,10
Organização de Eventos no Exterior	0,13	0,05	0,33	0,03	0,07	0,02	0,11	0,04
Participação em Congressos no Brasil	3,51	0,62	2,62	0,58	5,87	0,98	6,18	0,92
Participação em Congressos no Exterior	1,03	0,28	0,62	0,14	0,80	0,18	0,99	0,22
Participação em Exposições no Brasil	0,02	0,02	0,00	0,11	0,06	0,04	0,08	0,04
Participação em Exposições no Exterior	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Participação em Feiras no Brasil	0,04	0,02	0,14	0,06	0,05	0,04	0,10	0,09
Participação em Feiras no Exterior	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Participação em Seminários no Brasil	1,47	0,23	0,84	0,22	3,43	0,54	4,64	0,62
Participação em Seminários no Exterior	0,10	0,02	0,00	0,00	0,15	0,03	0,19	0,03
Participação em Simpósios no Brasil	1,24	0,26	0,91	0,19	2,19	0,38	2,78	0,42
Participação em Simpósios no Exterior	0,22	0,05	0,09	0,06	0,13	0,03	0,21	0,02

Fonte: Elaboração dos autores.

Considerações Finais

Nas últimas décadas foram implementadas diversas políticas públicas visando promover o estabelecimento de parques tecnológicos, com objetivo final de apoiar o desenvolvimento de empresas de base tecnológica, estimulando a inovação tecnológica e a prosperidade econômica. No entanto, mesmo após a

proliferação mundial de parques científicos, ainda não foram completamente compreendidos os mecanismos que conectam os parques tecnológicos com o desenvolvimento econômico e a inovação tecnológica. Este estudo apresenta uma contribuição para o tema, considerando os parques tecnológicos com presença de pesquisadores apoiados pela Petrobras. Analisamos a produção acadêmica de pesquisadores que possuem vínculos simultâneos com projetos da Petrobras e com parques tecnológicos no Brasil, comparando com os demais pesquisadores. Observamos que existe uma baixa interseção entre pesquisadores com vínculos em parques tecnológicos e pesquisadores ligados aos projetos de pesquisa da Petrobras. Entretanto, substrato de pesquisadores apresenta produção acadêmica superior, principalmente quando consideramos artigos A1 e A2 em áreas de conhecimento como Engenharias ou Ciências Exatas. Os pesquisadores vinculados aos parques tecnológicos apresentam boa *performance* também nos indicadores que reassentam cooperação entre universidade e empresas. Concluímos que, apesar das iniciativas já existentes envolvendo cooperação entre universidades e Petrobras, existe ainda bastante espaço para expansão da presença da Petrobras em parques tecnológicos, seja através de apoio direto aos pesquisadores, seja através de parcerias com as universidades ou diretamente os parques tecnológicos.

Os parques tecnológicos têm sido objeto de debate sobre a intensidade da sua eficácia no apoio à inovação empresarial e no incentivo ao estabelecimento de vínculos entre empresas e universidades. Mesmo após a proliferação mundial de parques científicos e tecnológicos, ainda existem lacunas não respondidas a respeito dos mecanismos que conectam os parques tecnológicos com o desenvolvimento econômico regional e a inovação tecnológica. A literatura ressalta que um maior envolvimento das universidades nos parques amplifica a transferência de conhecimento científico, influenciando no registro de patentes (Albahari *et al.*, 2016.). Além disso, é preciso considerar que diferentes tipos de parques podem ter diferentes missões, objetivos, e níveis de comprometimento com os parques tecnológicos (Bigliardi *et al.*, 2006).

Neste estudo procuramos contribuir para a literatura ao analisar a produção acadêmica dos pesquisadores presentes em parques tecnológicos, comparando com os pesquisadores que também foram apoiados por projetos da Petrobras. Observamos que existe uma baixa interseção entre pesquisadores presente em parques tecnológicos e aqueles pesquisadores apoiados por projetos de pesquisa da Petrobras. Entretanto, tal substrato de pesquisadores apresenta produção acadêmica superior dos demais pesquisadores, principalmente quando consideramos artigos A1 e A2 nas áreas de conhecimento de Engenharias e Ciências Exatas. Os pesquisadores vinculados aos parques

tecnológicos também apresentam boa *performance* nos indicadores de integração entre universidade-empresa.

Na área de Engenharias e Ciências Exatas, os pesquisadores financiados pela Petrobras e com vínculos em parques tecnológicos possuem maior produtividade que os pesquisadores financiados pela Petrobras fora de parques tecnológicos. Assim, concluímos que presença de pesquisadores apoiados pela Petrobras pode estar impulsionando a maior produtividade de artigos dentro e fora dos parques tecnológicos. Especificamente, nas áreas de conhecimento de interesse da Petrobras, os pesquisadores financiados pela Petrobras fora dos parques tecnológicos possuem produtividade maior que os pesquisadores em parques tecnológicos e sem vínculos com a Petrobras. A taxa de publicação de pesquisadores da Petrobras em parques tecnológicos é entre 1,6 vez maior que a taxa de pesquisadores não financiados pela Petrobras.

Entendemos que há uma baixa interseção entre pesquisadores apoiados pela Petrobras e pesquisadores vinculados aos parques tecnológicos, havendo anda bastante espaço para expansão da presença da Petrobras em parques tecnológicos, seja através de parcerias entre as universidades, as empresas ou através de pesquisadores. A Petrobras poderia beneficiar-se de tais parcerias, pelo estabelecimento de novas redes de fornecedores de base tecnológica, redes de pesquisadores em linha de conhecimento de interesse e na criação de competências e mão de obra especializada.

Referências

Albahari, A. et al. Technology Parks versus Science Parks: Does the university make the difference? Technological Forecasting & Social Change, 2016.

Anprotec/Sebrae. Glossário Dinâmico de Termos na Área de Tecnópolis, Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas. Brasília: Associação Nacional das Entidades Promotoras de Empreendimentos de Tecnologias Avançadas (Anprotec) e Sebrae, 2002.

Arrow, K. J. The economic implications of learning by doing. Review of Economic Studies, n. 29, p. 155–173, 1962.

Azevedo, P.; Cário. S. Arranjo institucional e sistema de inovação: interação UFSC e Petrobras. Econômica, Interação Universidade Empresa, v. 20, n. 2, p. 59–84, 2018.

Bishop P.; Gripaios P. Spatial externalities, relatedness and sector employment growth in Great Britain, Regional Studies, v. 44, p. 443-454, 2010.

Boschma, R. Proximity and Innovation: A critical assessment. Regional Studies, v. 39, p. 61–74, 2005.

Boschma R.; Minondo, A.; Navarro, M. Related variety and regional growth in Spain, Papers in Regional Science, v. 91, p. 241-256, 2012.

Breschi, S.; Lissoni, F. Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey. Industrial and Corporate Change, 10, p. 975–1005, 2001.

Bercovitz, J.; Feldmann, M. Entrepreneurial Universities and Technology Transfer: A conceptual framework for understanding knowledge-based economic development. Journal of Technology Transfer. v. 31, n. 1, p. 175-188, 2006.

Bigliardi, B. et al. Assessing Science Parks' *Performance*s: Directions from selected Italian case studies. Technovation, v. 26, n. 4, p. 489-505, 2006.

Cohen, W.; Nelson, R.; Walsh, J. Links and Impacts: The influence of public research on industrial R&D. Management Sciences, v. 48, n. 1, p. 1-23. 2002.

Carvalho, S.; Chaves, C. Pólos tecnológicos e desenvolvimento regional. In: XXXV Encontro Nacional de Economia – ANPEC, 2007, Recife. Anais do 35º Encontro Nacional de Economia, 2007.

David, E. G. Pesquisa e Desenvolvimento em Pequenas Empresas de Base Tecnológica: Algumas evidências reconsideradas. Estudos Econômicos, São Paulo, v.31, n. 4, p. 653-679, out/dez. 2001.

Deng, J. Jacobs' Externalities: Where We Have Been and Where We Might Go in Studying How Urbanization Externalities Affect Innovation. Detroit conference: Resilience through COINs, 2017. Disponível em: http://detroit17.coinsconference.org

Duranton, G.; Puga, D. Micro-foundations of urban agglomeration economies, in HENDERSON J. V. & THISSE J.-F. (Eds) Handbook of Regional and Urban Economics, v. 4, p. 2063-2117, 2004. Elsevier, Amsterdam.

Desrochers, P. Local Diversity, Human Creativity, and Technological Innovation. Growth and Change, v. 32, p. 369-394, 2001.

Ejermo, O. Technological Diversity and Jacobs' Externality Hypothesis Revisited Growth and Change, v. 36, n. 2, p. 167-195, 2005.

Etzkowitz, H.; Leydesdorff, L. The Dynamics of Innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University–Industry–Government relations. Research Policy, v. 29, p. 109-123, 2000.

Frankel, J. A. The Natural Resource Curse: A Survey of Diagnoses and Some Prescriptions. HKS Faculty Research Working Paper Series RWP12-014, John F. Kennedy School of Government, Harvard University, 2012.

Glaeser, E. L. et al. Growth in cities. The Journal of Political Economy, 100, p. 1992, 1126-1152.

Jung, C. et al. Inovação em Produtos e Processos e Partir da Parceria entre o Setor Público e o Privado: O Programa de pólos tecnológicos do RS. VI Congresso Brasileiro De Gestão De Desenvolvimento De Produto, Belo Horizonte, 2007.

Lucio, J.; Herce, J.; Goico, A. The effects of externalities on productivity growth in Spanish industry. Regional Science and Urban Economics, v. 32, p. 241-258, 2002.

Marshall, A. Principles of Economics, v. 8. Londres, Ed. MacMillan, 1980. Disponível em: http://www.econlib.org/library/Marshall/marP.html

Medeiros, J. A. Estruturas e Espaços Voltados à Inovação e Parceria: Papel dos pólos e parques tecnológicos. Em Paladino, G. G.; Medeiros, L. A. Parques tecnológicos e meio urbano: artigos e debates. Brasilia: Anprotec, 1997.

Melluso, N. et al. Rapid detection of fast innovation under the pressure of COVID-19. PLoS ONE, v. 15, n. 12, p. 1-26, 2020.

Petersen, A. et al. Reputation and Impact in Academic Careers. Applied Physical Sciences, v. 111, n. 43, p. 15316-15321, 2013.

Phillips, S. Working Through the Pandemic: Accelerating the transition to remote working. Business Information Review, v. 37, n. 3, p. 129-134, 2020.

Porter, M. 1990. The Competitive Advantage of Nations. London: Macmillan.

Porto, G.; Turchi, L.; Rezende, P. Radiografia das Parcerias entre Petrobras e as ICTS Brasileiras: Uma Análise a Partir da Ótica dos Coordenadores de Projetos Tecnológicos. Em Turchi, L., De Negri, F. & De Negri, J. Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades, centros de pesquisa e firmas brasileiras. Ed. IPEA, 2013.

Romer, P. M. Increasing returns and long-run growth. Journal of Political Economy, v. 94, p. 1002–1037, 1986.

Sahdev, N. K. Do knowledge externalities lead to growth in economic complexity? Empirical evidence from Colombia, Palgrave Communications, v. p. 1-15, 2016. DOI: 10.1057/palcomms.2016.86

Silva, A.; Andrade, F.; Gomes, I. Cooperação Universidade-Empresa: Os casos da Universidade Federal de Sergipe e parceiros (Petrobras e SergipeTec). Revista Tecnologia e Sociedade, v. 13, n 27, p. 24-42, 2017.

Sousa, D. et al. Parques Tecnológicos e Incubadoras: Uma análise do processo de pré-Incubação de empresas de base tecnológica. Interciencia, v. 42, n. 5, p. 313-319, 2017.

Turchi, L.; Porto, G. A Petrobras e ICTS: A construção das parcerias. In: Turchi, L.; De Negri, F.; De Negri, J. Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades, centros de pesquisa e firmas brasileiras. Ed. IPEA, 2013.

Testa, M.; Luciano, E. Determinantes do Sucesso de um *Spin-off* Em Parque Tecnológico. Revista de Administração, v. 11, n 2, p. 69-82, 2012.

van der Panne, G. Agglomeration Externalities: Marshall versus Jacobs. Journal of Evolutionary Economics. v. 14, p. 593-604, 2004.

EMPRESAS PETROLÍFERAS

e a fronteira mundial em

CIÊNCIA & TECNOLOGIA

Em que medida a Ciência e tecnologia das empresas de petróleo é nossa? São muitos os desafios tecnológicos enfrentados no processo de prospecção, exploração e produção de petróleo. Desde a procura por novos reservatórios, o que implica análises sísmicas e geológicas, até a extração do óleo, o que pode ser complexo como no caso de reservas pré-sal.

Outros desafios se colocam para as empresas do setor, especialmente relacionados com a redução de emissões e com a sustentabilidade ambiental da produção de petróleo. Em paralelo, novas tecnologias da informação, tais como *big data* e inteligência artificial, tem o potencial de aumentar a eficiência do setor, especialmente na prospecção e exploração de novos reservatórios. Por fim, nas últimas décadas, as empresas do setor petrolífero têm sofrido pressão da sociedade por uma produção mais sustentável de energia, ao lado da emergência das petroleiras chinesas como *players* importantes no setor.

Não por acaso que os investimentos em P&D na área de energia têm crescido substantivamente, muito impulsionados pelo setor público. Os investimentos estatais em pesquisas energéticas estão fortemente concentrados nos países da América do Norte e Europa, além da China. Mais de 80% desses investimentos foram direcionados para energias renováveis, captura e armazenamento de carbono, eficiência energética e tecnologias de baixo carbono, tais como hidrogênio ou energia nuclear.

9 786586 214895